Aus der Abteilung für Vorklinische Prothetik
Leiter: Professor Dr. Klaus Lehmann,
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Universität Marburg.
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. Dr. Hans-Jürgen Hering

DIE ÄNDERUNG DES PFEILERABSTANDES BEI GIPSMODELLEN (EINFACHE MODELLE UND SÄGEMODELLE) IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ABBINDEEXPANSION DES GIPSES

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde im Fachbereich Humanmedizin

der Philipps Universität
Marburg

vorgelegt von
Hans Withelm
aus Unter-Mossau

Marburg 1978

Aus der Abteilung für Vorklinische Prothetik
Leiter: Professor Dr. Klaus Lehmann,
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Universität Marburg.
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. Dr. Hans-Jürgen Hering

DIE ÄNDERUNG DES PFEILERABSTANDES BEI GIPSMODELLEN (EINFACHE MODELLE UND SÄGEMODELLE) IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ABBINDEEXPANSION DES GIPSES

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde im Fachbereich Humanmedizin

der Philipps Universität
Marburg

vorgelegt von
Hans Withelm
aus Unter-Mossau

Marburg 1978

Angenommen von dem Fachbereich Humanmedizin der
Universität Marburg/Lahn am 27. 10. 78
gedruckt mit der Genehmigung des Fachbereiches

Dekan: Prof. Dr. F. Neurath
Referent: Prof. Dr. K. Lehmann
Coreferent: Prof. Dr. H.F.M. Schmidt

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsübersicht

		Seite
1.	Einleitung und Problemstellung	4
2.	Literaturübersicht	6
3.	Material und Methode	8
3.1.	Materialien	8
3.2.	Versuchsanordnung	10
3.2.1.	Das Abformgerät	10
3.2.2.	Das Abformverfahren	14
3.2.3.	Die Modellherstellung	16
3.2.4.	Die Untersuchungsbedingungen	21
3.2.5.	Das Ausmessen der Modelle	21
3.2.6.	Das Auswertungsverfahren	21
4.	Ergebnisse	23
5.	Diskussion	70
6.	Zusammenfassung	76
7.	Literaturverzeichnis	77
8.	Zusammenstellung der Versuchsprotokolle	82

1. Einleitung und Problemstellung

Die Entwicklung der Zahnheilkunde und der Zahntechnik der letzten Jahre stellt in zunehmendem Maße erhöhte Anforderungen an die zu verarbeitenden Materialien. Insbesondere für den festsitzenden und herausnehmbaren Zahnersatz spielt die Dimensionsstabilität dieser Materialien eine entscheidende Rolle.

Für die Herstellung von Zahnersatz (Onlays, Kronen, Brücken, partielle und totale Prothesen) sind eine Reihe von Arbeitsgängen erforderlich, bei denen immer wieder Negative der vorausgehenden Form angefertigt werden. Nach MEINERS (27) kann die Summe aller dabei auftretenden Fehler bei einer Einzelkrone ohne weiteres zu einer Lumenverkleinerung von o,1 mm führen,und bereits eine Lumenverkleinerung von 0,02 mm führt zu einer okklusalen Differenz von 0,1 mm. Diese Abweichungen können bei manchen Patienten Schädigungen am gesamten Kauorgan hervorrufen.

Eine zentrale Rolle für die exakte Anfertigung von Zahnersatz und ebenso für die Funktionsanalyse spielt neben der Abformung die Herstellung des Arbeitsmodells. Neben einer großen Härte und guten Wiedergabegenauigkeit erhebt sich auch hier die Forderung nach absoluter Dimensionsstabilität. Da es nach MEINERS (27) nicht gelingt,eine Materialkombination (aus Abformmaterial und Modellmaterial) in ihrem spezifischen Volumenverhalten aufeinander abzustimmen, ist es notwendig, die auftretenden Dimensionsänderungen so klein wie möglich zu halten.

Die in der Zahntechnik heute hauptsächlich als Modellmaterialien verwendeten Hartgipse und Gipse weisen alle eine mehr oder weniger starke Abbindeexpansion auf, die zwangsläufig zu einer Veränderung des Arbeitsmodells im Vergleich zur Situation im Mund des Patienten führen muß (26). Darüberhinaus werden Zahnkranz und Modellsockel in zwei verschiedenen Arbeitsgängen hergestellt und oft werden auch

zwei verschiedene Materialien mit unterschiedlicher Abbindeexpansion verwendet.

Für die Herstellung von festsitzendem Zahnersatz werden heute sogenannte Sägemodelle mit herausnehmbaren Stümpfen angefertigt.

Sägemodelle sollten folgende Eigenschaften haben (8,34,37):

Ihre Modellstümpfe sollten:

1. ihre Position durch das Heraussägen, Herausnehmen und Wiedereinsetzen nicht verändern.
2. leicht herauszunehmen und zu reponieren sein.
3. stabil im Modell sitzen, um ohne Probleme die nötigen Arbeitsgänge wie Modellation der Wachskronen, Einschleifen der Okklusion etc. durchführen zu können.

In der vorliegenden Arbeit soll die Genauigkeit der Sägemodellherstellung an einfachen Prüfkörpern untersucht werden. Dabei sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Hat der Sockelgips Einfluß auf die Modellgenauigkeit?
2. Hat das Heraussägen der Stümpfe Einfluß auf die Modellgenauigkeit?
3. Hat das Herausnehmen der Stümpfe Einfluß auf die Modellgenauigkeit?
4. Hat das mehrfache Herausnehmen und Wiedereinsetzen der Stümpfe Einfluß auf die Modellgenauigkeit?

2. Literaturübersicht

Nach Durchsicht der Fachliteratur stellten wir fest, daß es eine Reihe von Veröffentlichungen gibt, die das Volumenverhalten zahnärztlicher Gipse untersucht haben.
Die Erstarrung des Gipses geht mit einer Abbindeexpansion einher, die je nach Gipssorte zwischen 0,06% und 0,6% linear betragen kann (KLÖTZER,20). COMBE (7) unterteilt in α- Hemihydrate mit einer linearen Abbindeexpansion von 0,05% bis 0,3% und β- Hemihydrate mit einer Abbindeexpansion von 0,3% bis 0,4%.
Die ADA - Spezifikation Nr. 25 für dentale Gipsprodukte (1) klassifiziert zahnärztliche Gipse in vier Typen, und gibt für jeden Typ die maximale lineare Abbindeexpansion an: Typ I 0,15%; Typ II 0,3%; Typ III 0,2%; Typ IV 0,1%.
KLÖTZER und MEERKATZ (21) untersuchten auf der Grundlage der ADA - Spezifikation Nr. 25, 27 zahnärztliche Gipse auf Abbindezeit, Abbindeexpansion und Druckfestigkeit.
Darüber hinaus verwendeten andere Autoren andersartige Meßverfahren, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führten.
Die Messungen wurden an einfachen Prüfkörpern mit mechanischen , optischen oder elektrischen Meßverfahren durchgeführt.
Einige Autoren (10,11,15,16,19,23,31,38,39,43,44) untersuchten direkt den expandierenden Gips, während andere (5,14,24,25,28,33,35,41,42) zunächst Abformungen herstellten, die sie mit dem zu untersuchenden Material ausgossen.
Fragen, die beim Kontakt zwischen Abdruckmaterial und Hartgips, sowie bei der Weiterverarbeitung des Abdruckes auftreten, wurden von FRANZ (12,13) untersucht.
Einige Autoren beschäftigen sich mit dem Meßverfahren.
So konnten BOHN (3) und MARX (26) feststellen daß die Werte der Abbindeexpansion sowohl von der Größe der Probe, als auch von der Mechanik der Meßapparatur (Anlagedruck des Meßgerätes) abhängig sind.
KUSNER (23) stellte fest, daß mechanische Widerstände, die

der expandierende Körper zu überwinden hat, einen Einfluß auf die Höhe der Abbindeexpansion haben.
Die Interpretation der Meßergebnisse an linearen Körpern im Hinblick auf ganze Kiefermodelle ist problematisch, da die Abmessungen dieser Modelle einen Einfluß auf die lineare prozentuale Abbindeexpansion haben (14).
So stellte LEHMANN (24) fest, daß ein Stumpf an seiner Basis überproportional breiter wiedergegeben wird.
KNAB (22) ermittelte einen Zusammenhang zwischen der Dimensionsgenauigkeit eines Hartgipsmodelles und der Dicke des Modellsockels.
PAULICK (32) zeigt dagegen, daß nach einer Erhärtungszeit des Zahnkranzgipses von drei Stunden, kein Einfluß der Sockelmasse mehr nachzuweisen ist.
MARX (26) kommt zu dem Ergebnis, daß aus der Angabe eines linearen Expansionswertes eines Gipses nur annähernde Aussagen über das spätere Realmodell zulässig sind.

Für die heute in der modernen Kronen- und Brückentechnik verwendeten Sägemodelle mit herausnehmbaren Stümpfen sind eine Reihe verschiedener Systeme auf dem Markt und einige Autoren (2,6,8,34,37,40,45,46) beschreiben ihre Anwendung. Es gibt jedoch nur wenige Untersuchungen, die sich mit der Genauigkeit dieser Modellsysteme beschäftigen.
MIRANDA (29) vergleicht zwei Systeme, das Pindexsystem und das Di-Loksystem. Ein signifikanter Unterschied wird nicht festgestellt.
DILTS (9) untersucht vier Sägemodellsysteme an Modellen, die er nach Abdrücken mit Permlastic von einem Stahlmodell herstellt, wobei meßbare Abweichungen sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung auftreten.
PANGIDIS (30) untersucht die Herstellung von Sägemodellen unter Einbeziehung einer elastischen Papille.
HOHLT (18) untersucht verschiedene Methoden der Modellherstellung nach Hydrokolloidabdrücken. Als Maß für die Genauigkeit dient der photographische Nachweis der Approximalkontakte. Dabei geben die Modelle mit Dowelpins die Ausgangssituation genau wieder.

3. Material und Methode

3.1. Materialien

Nach der ADA - Spezifikation Nr. 25 für dentale Gipsprodukte (1) unterscheidet man vier Typen zahnärztlicher Gipse.

Typ I : Abdruckgips
Typ II : Modellgips
Typ III : Hartgips
Typ IV : verbesserter Hartgips

Untersucht wurden acht zahnärztliche Gipse der Typen III und IV, und zwar vom Typ III: Moldano, Hinrizit Weiß und Hinrizit Gelb und vom Typ IV: Duroc, Velmix-Stone, Duralit, Tewestone und Moldaroc.

Die Materialien wurden nach Herstellerangaben dosiert und mit dem Vakuummischgerät der Fa. Degussa 30 sec. angemischt. Nachstehend sind die einzelnen Gipssorten mit ihrem Mischungsverhältnis, der Anrührzeit, der Abbindezeit und der Abbindeexpansion aufgeführt. Die Angaben der Abbindeexpansion wurden der Arbeit von KLÖTZER und MEERKATZ (21) entnommen. Der Wert der Abbindeexpansion von Tewestone stammt aus der Veröffentlichung von MARX (26).

a) Duroc

Mischungsverhältnis:	24 cm^3 A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit:	30 sec
Abbindezeit:	8 - 10 min
Abbindeexpansion:	0,07%

b) Velmix-Stone

Mischungsverhältnis:	25 cm^3 A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit:	30 sec
Abbindezeit:	8 - 10 min
Abbindeexpansion:	0,12%

c) Duralit
Mischungsverhältnis: 24 cm³ A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit: 30 sec
Abbindezeit: 5 - 7 min
Abbindeexpansion: 0,13%

d) Tewestone
Mischungsverhältnis: 24 cm³ A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit: 30 sec
Abbindezeit: 5 - 7 min
Abbindeexpansion: 0,18%

e) Moldano
Mischungsverhältnis: 30 cm³ A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit: 30 sec
Abbindezeit: 13 min
Abbindeexpansion: 0,18%

f) Moldaroc
Mischungsverhältnis: 27 cm³ A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit: 30 sec
Abbindezeit: 11 - 12 min
Abbindeexpansion: 0,21%

g) Hinrizit Weiß
Mischungsverhältnis: 28 cm³ A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit: 30 sec
Abbindezeit: 5 min
Abbindeexpansion: 0,27%

h) Hinrizit Gelb
Mischungsverhältnis: 30 cm³ A. dest./ 100 g Gips
Anrührzeit: 30 sec
Abbindezeit: 12 min
Abbindeexpansion: 0,33%

3.2. Versuchsanordnung

3.2.1. Das Abformgerät

Als Abformgerät benutzten wir ein stilisiertes Brückenmodell. In einen 7,7 cm · 2,2 cm · 1,5 cm großen Messingblock wurden zwei stilisierte Kronenstümpfe aus Hartmetall der Höhe 9 mm eingelassen. Die Stümpfe waren dreieckig gestaltet und zeigten mit zwei Kanten zueinander (Abb. 1). In den Messingblock waren zusätzlich zwei Metallstifte eingelassen, die als Führungsstifte für die Abdrucklöffel dienten. Dadurch wurde eine konstante Einschubrichtung gewährleistet (Abb. 2).

Das Stahlmodell wurde markiert, in dem vor einen der Kronenstümpfe eine runde Vertiefung angebracht wurde. Diese Markierung wurde über den Abdruck auf die Gipsmodelle übertragen. Dadurch konnten die Gipsmodelle immer von derselben Seite vermessen werden.

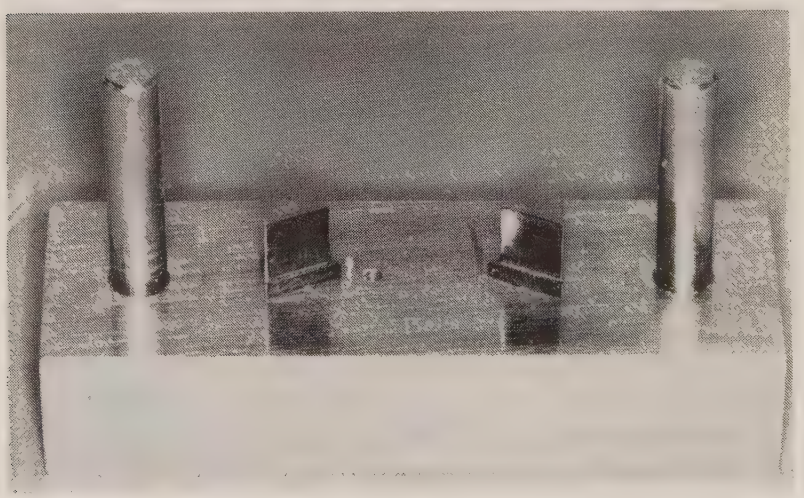


Abb. 1: Das Brückenmodell mit den beiden Kronenstümpfen, den Führungsstiften und dem Markierungspunkt

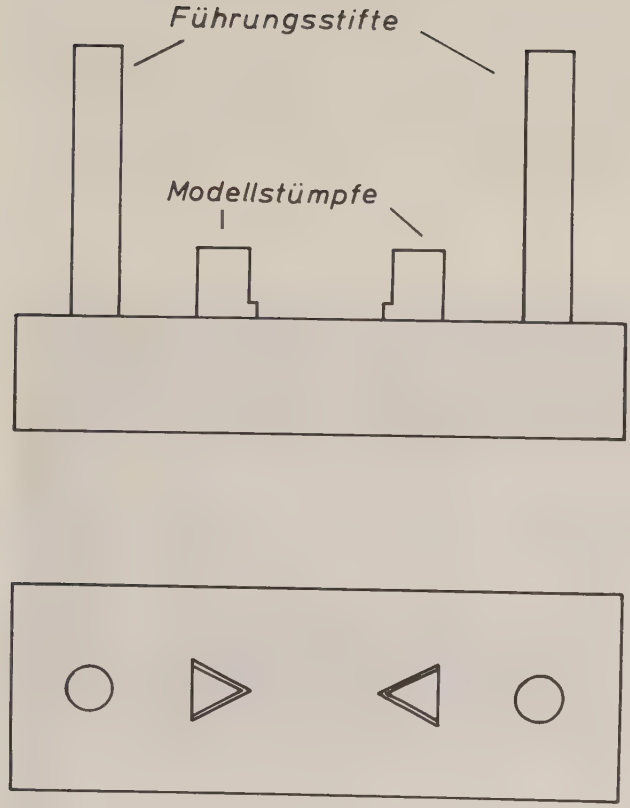


Abb. 2: Das Brückenmodell in der Seitenansicht und in der Aufsicht. Die stilisierten Kronenstümpfe zeigen mit zwei Kanten aufeinander. An der Stumpfbasis befindet sich an zwei Seiten des dreieckigen Kronenstumpfes eine 2 mm hohe und 1mm breite Stufe.

An der Stumpfbasis wurde in 2 mm Höhe eine 1 mm breite Stufe an zwei Seiten des dreieckigen Kronenstumpfes eingefräst. Dadurch entstanden je Stumpf zwei Meßkanten (Abb. 2). Zieht man vom oberen zum unteren Meßpunkt eine Gerade, so erhält man einen konischen Kronenstumpf mit einen Präparationswinkel von 8°.
Die beiden oberen Meßpunkte A und D, im Folgenden die Meßstrecke a genannt, waren 17,88 mm, die beiden unteren B und C, im Folgenden die Meßstrecke b genannt, 15,40 mm voneinander entfernt (Abb. 3).

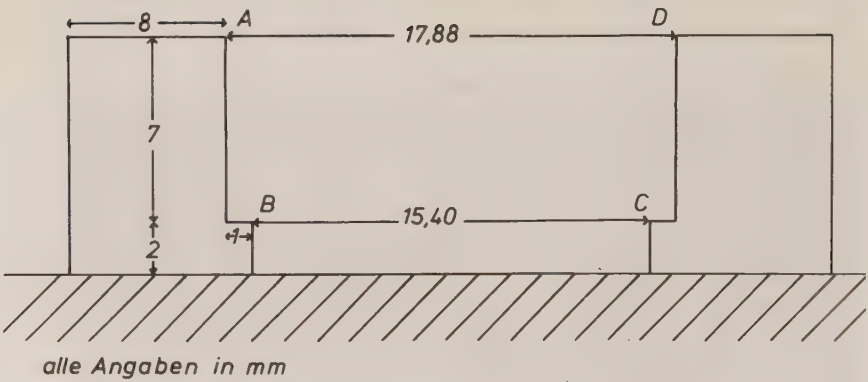


Abb. 3: Die beiden Kronenstümpfe mit ihren Maßangaben. Beide Stümpfe sind 9 mm hoch, wobei an der Basis eine 2 mm hohe Stufe besteht. Der Pfeilerabstand beträgt für die Meßpunkte A und D (Meßstrecke a) 17,88 mm und für die Meßpunkte B und C (Meßstrecke b) 15,40 mm.

Als Abdrucklöffel benutzten wir 10 Messinglöffel der Größe 7 cm · 4 cm · 2 cm, in die zwei Öffnungen für die Führungsstifte eingebohrt waren. Die Öffnung der Löffel zur Aufnahme des Abdruckmaterials betrug 4 cm · 1,8 cm · 1,4 cm. Die Abdrucklöffel waren perforiert und in ihrer Dimension so gehalten, daß an allen Seiten des Brückenmodells mindestens 0,5 cm Platz für das Abdruckmaterial war. Die Wandstärke der Löffel betrug 2 mm. Das Brückenmodell und die Abdrucklöffel wurden auf einer Seite markiert, um immer dieselbe Einschubrichtung zu haben.

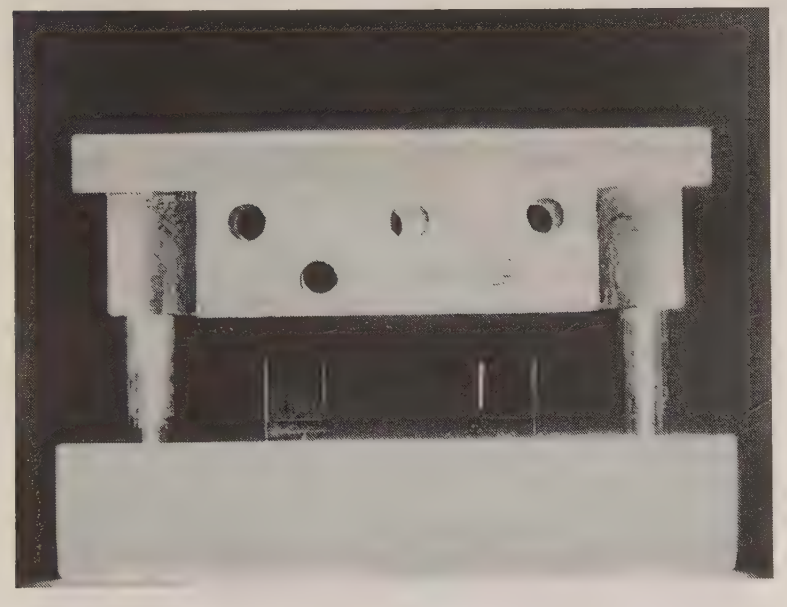


Abb. 4: Das Brückenmodell mit dem aufgesetzten Abdrucklöffel

3.2.2. Das Abformverfahren

Als Abformmaterial verwendeten wir Siccoform der Fa. Kettenbach. Siccoform ist ein Reproelastomer vom Typ 2 der Klasse B nach der ADA - Spezifikation Nr. 19, chemisch definiert als Kondensationsprodukt aus linearen Polydimethylsiloxanolen mit Polyalkoxysiloxanen. Siccoform wird als Zwei-Komponenten-Material (Basispaste und Härter) in Dosierspritzen geliefert. Die Dosierung erfolgt durch Drehung der Kolben, wobei eine Umdrehung Basispaste einer Umdrehung Härter entspricht. Dadurch läßt sich Siccoform sehr exakt dosieren, was für die Standardisierung der Abdrücke von Bedeutung ist. Darüber hinaus bietet Siccoform als einphasiges Material verarbeitungstechnische Vorteile. Siccoform zeigt eine gute Fließgenauigkeit und einen geringen Schrumpfungsgrad (36). BURGDORF (4) ermittelte in seiner Untersuchung zum Korrekturabdruck und zu einzeitigen Abformverfahren eine mittlere Abweichung vom Sollwert von -0,01 mm mit einer Standardabweichung von ± 0,01 mm. Siccoform wurde nach den Angaben der Herstellerfirma angemischt (eine Umdrehung Härter auf eine Umdrehung Basispaste) und sowohl auf die Stümpfe als auch auf den Löffel aufgetragen. Der Abdrucklöffel wurde über die beiden Führungsstifte langsam auf das Modell aufgesetzt. (Abb. 5)
Das Material härtete ohne Druck aus. Nach einer Abbindezeit von 7 Minuten wurde der Löffel von dem Modell entfernt (Abb. 6). Es wurden pro Serie 10 Abdrücke genommen und 10 Prüfkörper hergestellt.

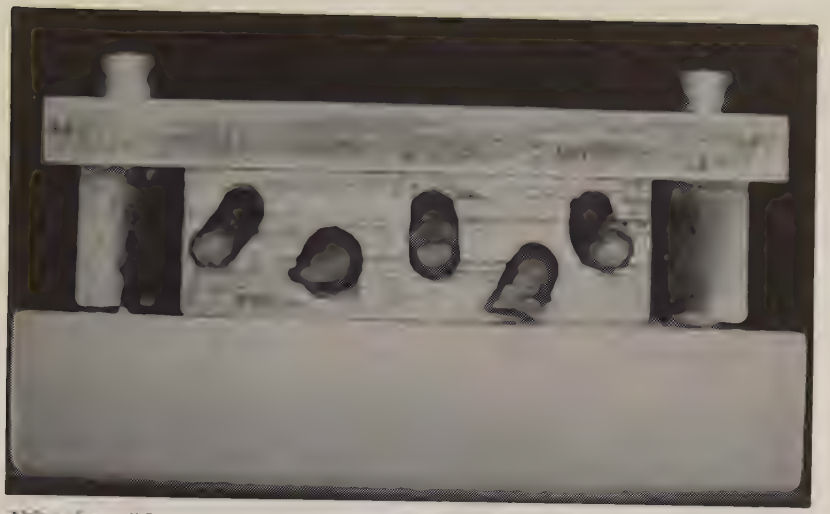


Abb. 5: Löffel mit dem Abdruckmaterial auf dem Modell

Abb. 6: Der fertige Abdruck

3.2.3. Modellherstellung

Die Untersuchungen wurden in drei Abschnitte gegliedert:

1. Die angegebenen Materialien wurden hinsichtlich ihres linearen Expansionsverhaltens überprüft.
   Diese Untersuchungsserien tragen die Ziffern 1 bis 8.
2. Die Materialien wurden dann im Hinblick auf ihre Eignung als Sockelgips untersucht.
   Diese Serien tragen die Ziffern 9 bis 16.
3. Die Abdrücke der Serie 17 wurden vom technischen Labor der ZMK - Klinik Marburg unter laborüblichen Bedingungen verarbeitet.

Zur Herstellung genormter Prüfkörper wurden für die Löffel passende Kunststoffmanschetten aus Palavit L hergestellt (Abb. 7).

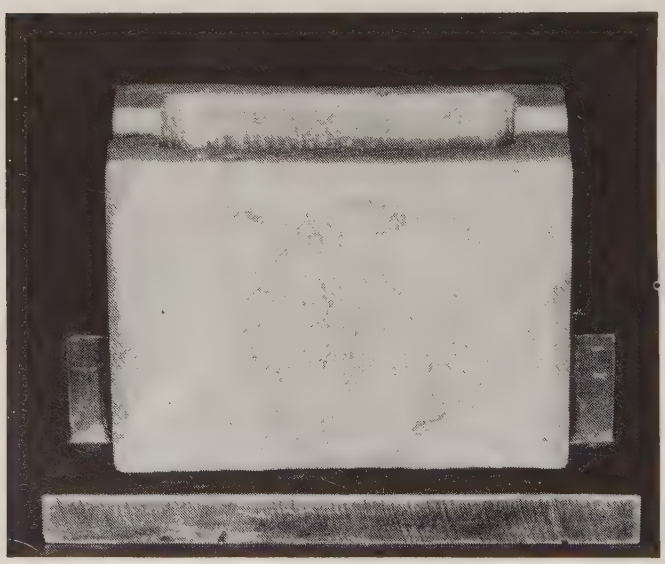


Abb. 7: Abdrucklöffel mit Kunststoffmanschette

Die Abdrucklöffel und Kunststoffmanschetten wurden numeriert und immer nur die passenden Teile zusammen verwendet. Die Kunststoffmanschetten haben wir mit feuchter Asbestpappe ausgeschlagen, um ein ungehindertes Expandieren des Gipses zu ermöglichen.
Für die Versuchsreihen 1 bis 8 wurden die Abdrücke einzeitig mit einem Material bis zum Rand der Manschette ausgegossen. Nach dem Erhärten des Gipses wurden die Abdrücke entformt. Die Prüfkörper hatten die Maße (einschließlich der Höhe der Kronenstümpfe) 4 cm · 3 cm · 1,5 cm (Abb. 8).

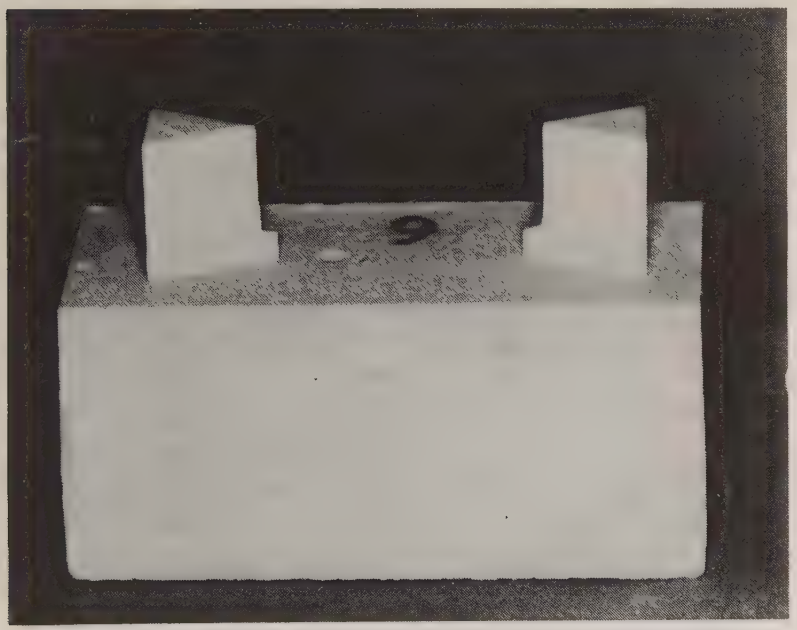


Abb. 8: Prüfkörper aus einem Modellmaterial

Für die Versuchsreihen 9 bis 16 wurden zusätzlich zwei Bogenpins über eine Messingschiene an der Kunststoffmanschette befestigt (Abb. 9 und 10).
Dann wurden die Abdrücke mit einer 0,5 mm dicken Schicht Duroc ausgegossen. Nach dem Erhärten wurde die Basis des Durocmodells mit Super Sep (Kerr) isoliert. Anschließend wurde die Manschette mit den verschiedenen Modellmaterialien aufgefüllt.

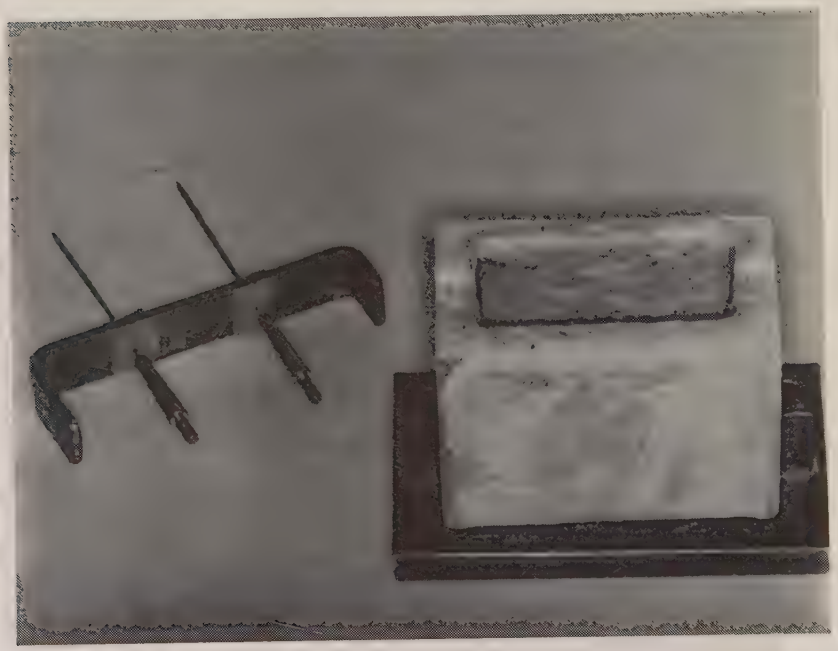


Abb. 9: Abdrucklöffel mit Kunststoffmanschette,
links die Messingschiene mit den beiden Bogenpins

Abb. 10: Die Kunststoffmanschette mit der aufgesetzten Messingschiene

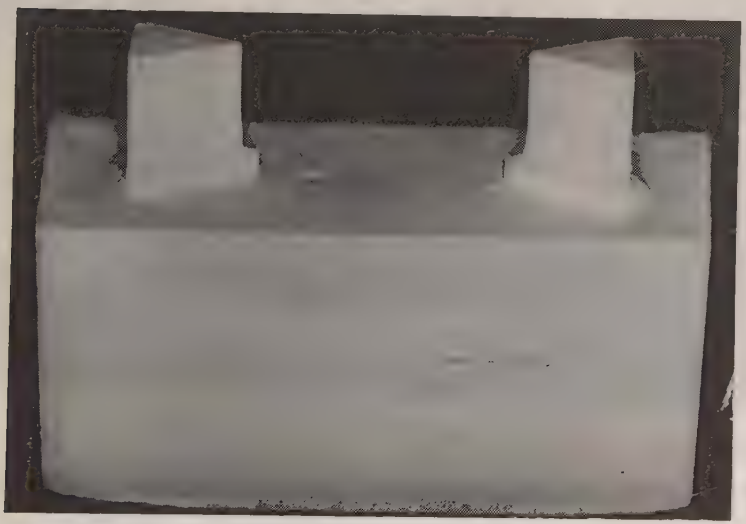


Abb. 11: Der gesockelte Prüfkörper

Die gesockelten Prüfkörper (Abb. 11) wurden im weiteren Verlauf der Untersuchung gesägt und die Stümpfe herausgenommen (Abb. 12). Die Sägeschnitte wurden mit der Renfert-Modellsäge durchgeführt.
Die Abformungen der Serie 17 wurden im zahntechnischen Labor mit frei dosiertem Duroc, das vakuum angemischt wurde, ausgegossen, mit Kisol isoliert und mit frei dosiertem Moldano gesockelt.

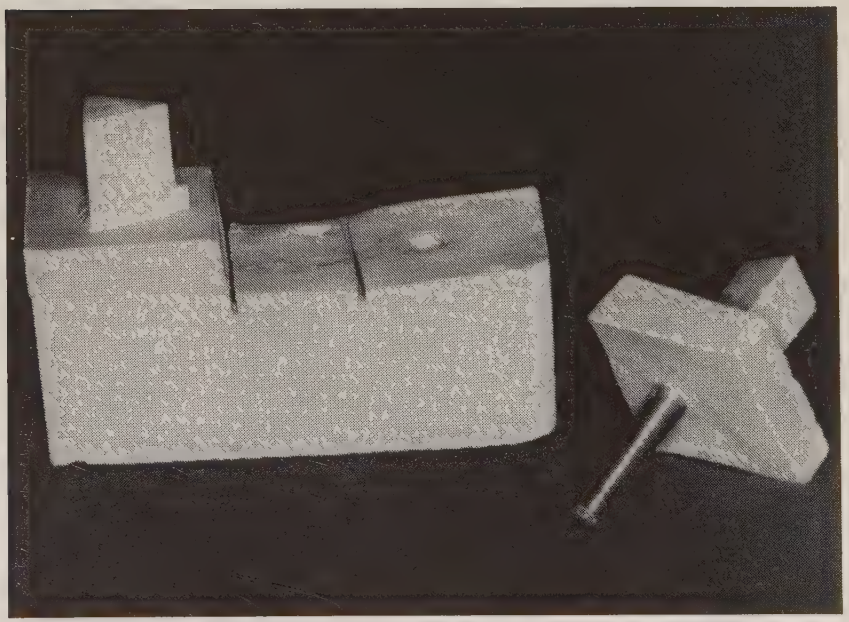


Abb. 12: Nach dem Sägen und dem Herausnehmen eines Stumpfes

3.2.4. Die Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchungen fanden in nicht klimatisierten Räumen bei einer Temperatur von ca. 20° bis 22° C statt.
Jeder Abdruck lagerte nicht länger als eine Stunde und wurde nur einmal ausgegossen. Alle Modellmaterialien wurden nach den oben angegebenen Mischungsverhältnissen mit dem Multivacgerät der Fa. Degussa angerührt. Die Prüfkörper wurden mindestens 48 Stunden luftgetrocknet.

3.2.5. Das Ausmessen der Modelle

Die Prüfkörper wurden mit dem Meßmikroskop der Fa. E. Leitz, Wetzlar, Nr. 642106, das eine Genauigkeit unter 0,005 mm zuläßt, vermessen. Gemessen wurden die Meßstrecken a und b (Abb. 3).
Die Prüfkörper der Serien 1 bis 8 wurden einmal vermessen. Die Prüfkörper der Serien 9 bis 17 wurden insgesamt viermal vermessen, zunächst ungesägt, dann nach dem Sägen der Kronenstümpfe. Dann wurden die Kronenstümpfe herausgenommen, wiedereingesetzt und die Modelle vermessen. Zuletzt wurden die Kronenstümpfe zehnmal herausgenommen, reponiert und erneut vermessen.
Insgesamt wurden 17 Versuchsreihen à 10 Versuchskörper hergestellt und vermessen.

3.2.6. Das Auswertungsverfahren

Das Brückenmodell wurde zehnmal vermessen und das arithmetische Mittel $\bar{x}$ und die Standardabweichung s der Strecken a und b errechnet. Der Mittelwert wurde auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet. Der Mittelwert des Brückenmodells wird im Folgenden als Sollwert S_w bezeichnet. Die Sollwertmessung ergab 17,88 mm mit der Standardabweichung ± 0,003 mm für die Meßstrecke a und 15,40 mm mit der Standardabweichung ± 0,001 mm für die Meßstrecke b.
Die Prüfkörper wurden vermessen und der Mittelwert $\bar{x}$ und die Standardabweichung s jeder Serie berechnet. Die Mittelwerte der einzelnen Serien wurden auf 1/100 mm ab- oder aufgerundet.

Aus der Differenz von Sollwert S_w und Mittelwert $\bar{x}$ der einzelnen Serie, $S_w - \bar{x}$, ergibt sich die mittlere Dimensionsänderung einer Serie.
Die Standardabweichung wurde nach folgender Formel errechnet:

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \bar{x} \cdot \sum x_i}{N - 1}}$$

s = Standardabweichung
x_i = Einzelwert
$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel der Einzelwerte
N = Anzahl der Einzelwerte

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse können den nachfolgenden Abbildungen und Tabellen entnommen werden.
Anhand der Abb. 13 und 14 und der Tabelle 1 soll die Auswertung der Diagramme erläutert werden:
In Abb. 13 sind die mittleren Gesamtabweichungen gegenüber dem Sollwert der Meßstrecken a und b mit ihren Standardabweichungen als Säulen auf der Abszisse aufgetragen. Jeder angegebene Wert ist der Mittelwert aus zehn vermessenen Modellen. Auf der Ordinate kann man die entsprechenden Werte in 1/100 mm ablesen. Dieser Wert kann auch aus Tabelle 1, als Differenz aus Sollwert S_w und Mittelwert $\bar{x}$, entnommen werden. Die dazugehörige Standardabweichung ist ebenfalls der Tabelle 1 zu entnehmen.
Die Auswirkungen der Dimensionsänderungen zeigt das zweite Diagramm jeder Serie (hier Abb. 14). Unter der Annahme, daß beide Kronenstümpfe an der Dimensionsänderung beteiligt sind, wurden die mittleren Gesamtabweichungen der Meßstrecken a und b halbiert, und diese Werte auf beiden Seiten der Abszisse in 1/100 mm aufgetragen, wobei die Meßpunkte A und D für die Strecke a, und B und C für die Strecke b stehen.
Aus diesem Diagramm läßt sich nun erkennen, ob es zu einer gleichmäßigen Änderung des Pfeilerabstandes wie in Serie 1 kommt oder ob zusätzlich eine Kippung der Pfeiler auftritt.

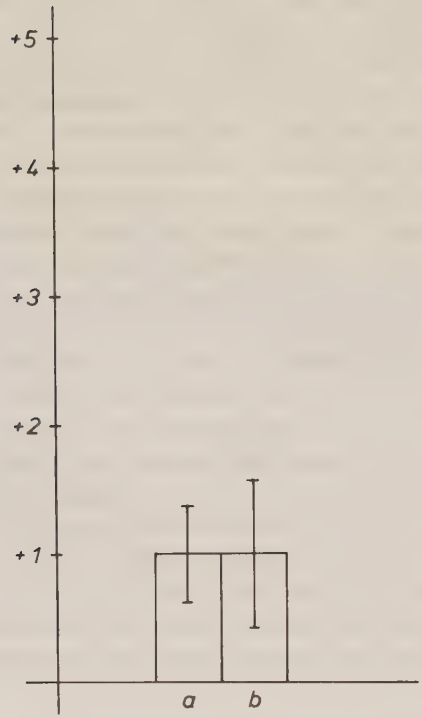


Abb. 13: Modelle aus Duroc, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 1: Duroc

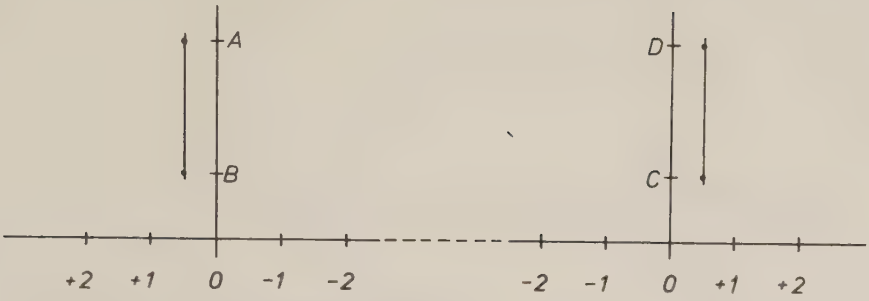


Abb. 14: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 1:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,89	15,41
s	(mm)	±0,004	±0,006
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,01	0,01
%		0,06	0,07

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes.

Die Durocmodelle zeigen eine Zunahme des Pfeilerabstandes von 0,01 mm.

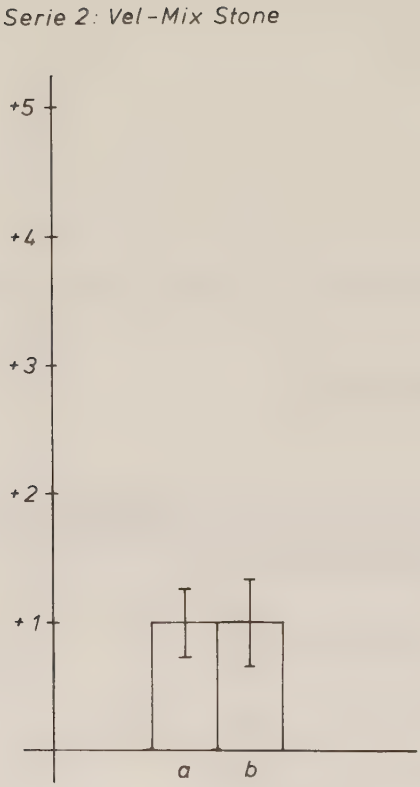


Abb. 15: Modelle aus Velmix-Stone, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 2: Vel-Mix Stone

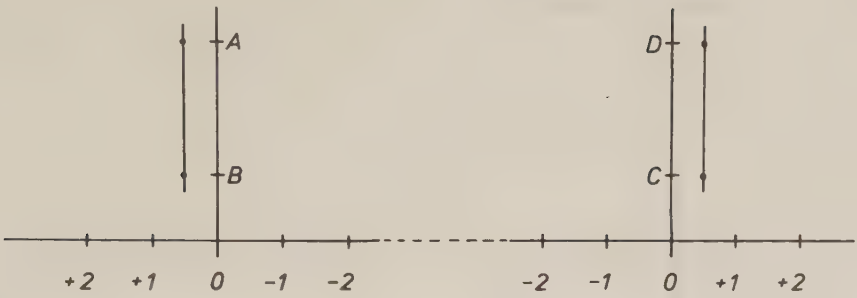


Abb. 16: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b
Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 2:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,89	15,41
s	(mm)	±0,003	±0,003
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,01	0,01
%		0,06	0,07

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Velmix-Stonemodelle zeigen eine Zunahme des Pfeilerabstandes von 0,01 mm.

Serie 3: Duralit

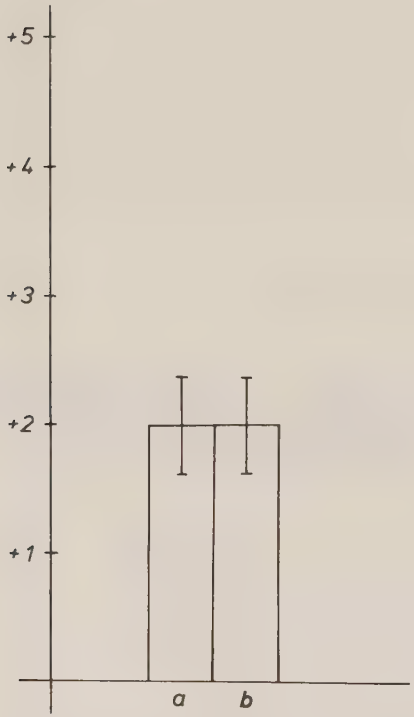
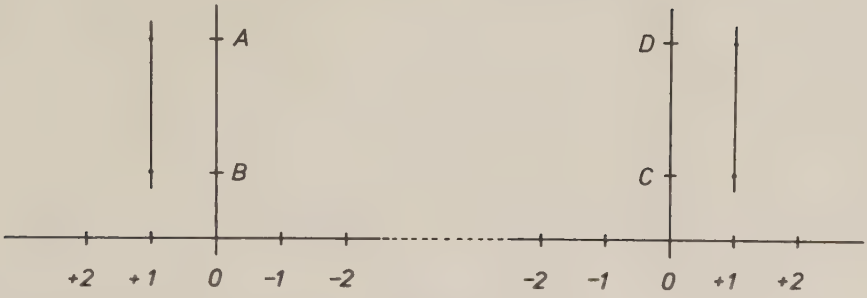


Abb. 17: Modelle aus Duralit, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 3 : Duralit



Abweichung vom Sollwert 1/100mm

Abb. 18: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b
Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 3:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,90	15,42
s	(mm)	±0,004	±0,004
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,02	0,02
%		0,11	0,13

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Duralitmodelle zeigen eine Zunahme des Pfeilerabstandes von 0,02 mm.

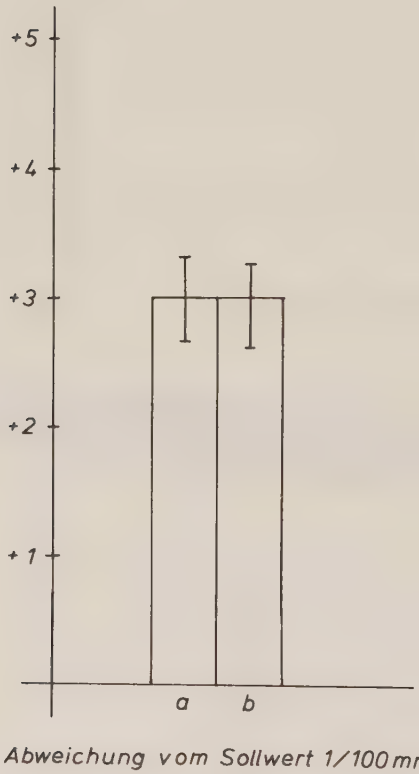
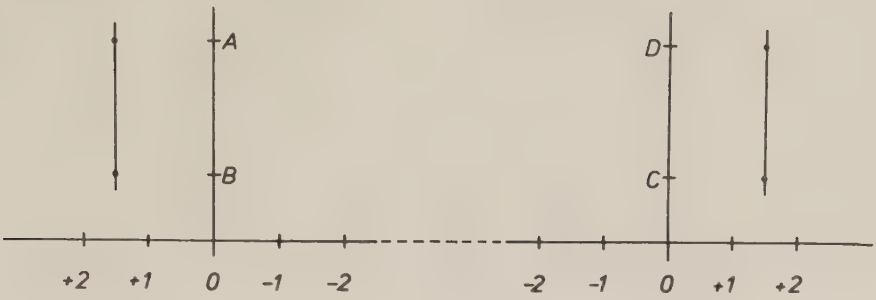


Abb. 19: Modelle aus Tewestone, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 4: Tewestone



Abweichung vom Sollwert 1/100 mm

Abb. 20: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b
Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 4:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,91	15,43
s	(mm)	±0,003	±0,003
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,03	0,03
%		0,17	0,19

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Tewestonemodelle zeigen eine Zunahme des Pfeilerabstandes von 0,03 mm.

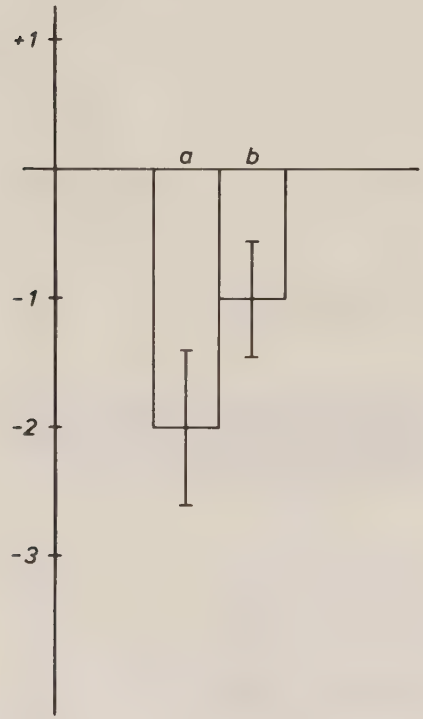


Abb. 21: Modelle aus Moldano, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 5: Moldano

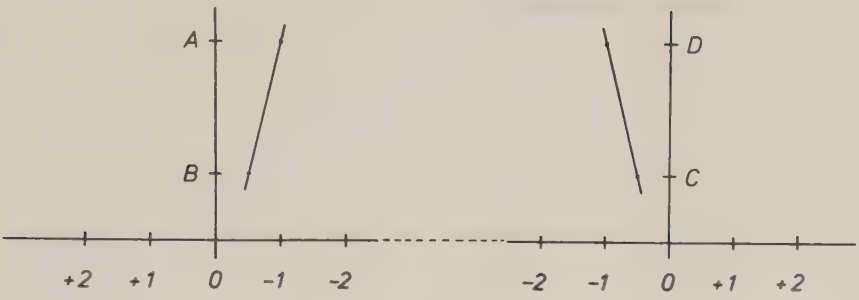


Abb. 22: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b
Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 5:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,86	15,39
s	(mm)	±0,006	±0,004
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,02	-0,01
%		0,11	0,07

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Moldanomodelle zeigen eine ungleichmäßige Abnahme des Pfeilerabstandes von okklusal 0,02 mm und cervikal 0,01 mm. Dies ist gleichbedeutend mit einer Kippung der Stümpfe aufeinander zu.

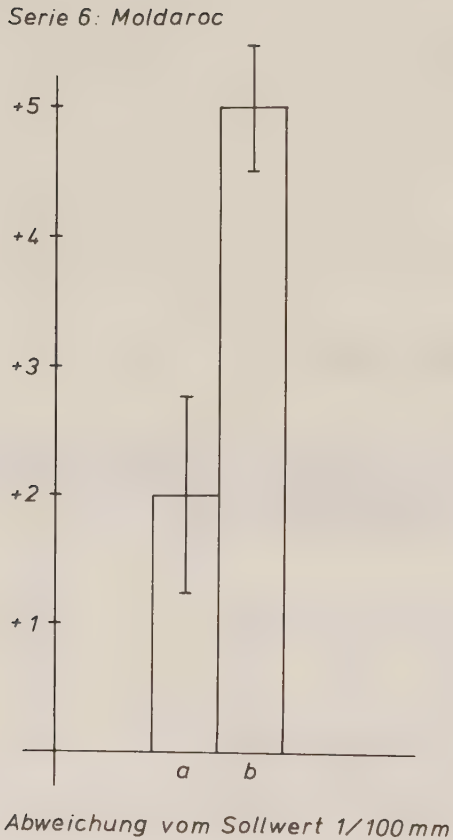


Abb. 23: Modelle aus Moldaroc, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 6 : Moldaroc

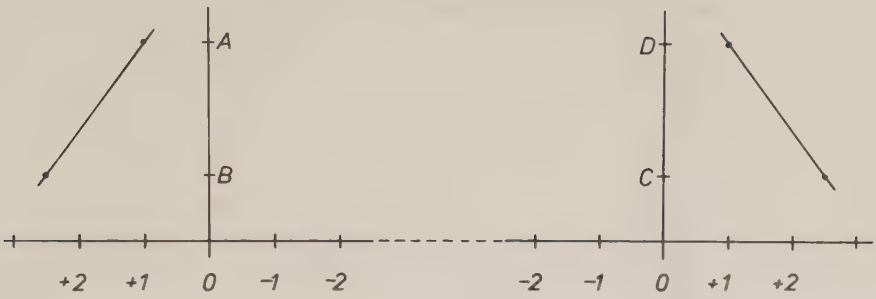


Abb. 24: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 6:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,90	15,45
s	(mm)	±0,008	±0,005
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,02	0,05
%		0,11	0,32

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Moldarocmodelle zeigen eine ungleichmäßige Zunahme des Pfeilerabstandes von okklusal 0,02 mm und cervikal von 0,05 mm. Dadurch kommt es zusätzlich zu einem Einwärtskippen der Pfeiler.

Abb. 25: Modelle aus Hinrizit Weiß, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 7: Hinrizit Weiß

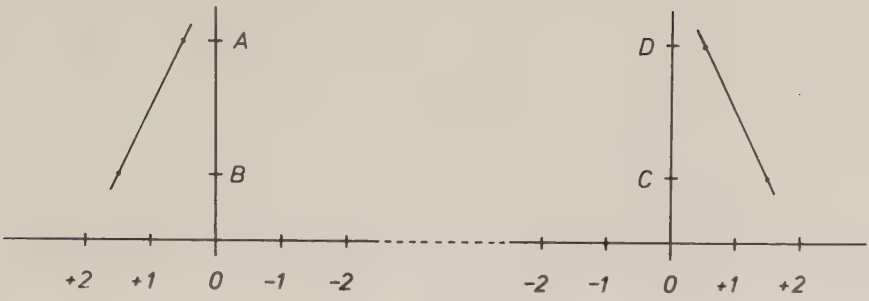


Abb. 26: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b
Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 7:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,89	15,43
s	(mm)	±0,007	±0,004
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0,01	0,03
%		0,06	0,19

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Hinrizit Weiß - Modelle zeigen eine ungleichmäßige Zunahme des Pfeilerabstandes von okklusal 0,01 mm und cervikal von 0,03 mm. Dadurch kommt es zusätzlich zu einem Einwärtskippen der Modellstümpfe.

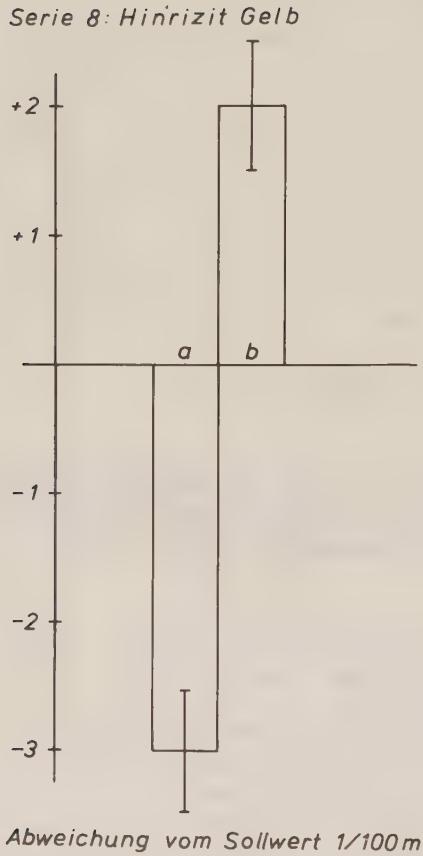


Abb. 27: Modelle aus Hinrizit Gelb, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 8: Hinrizit Gelb

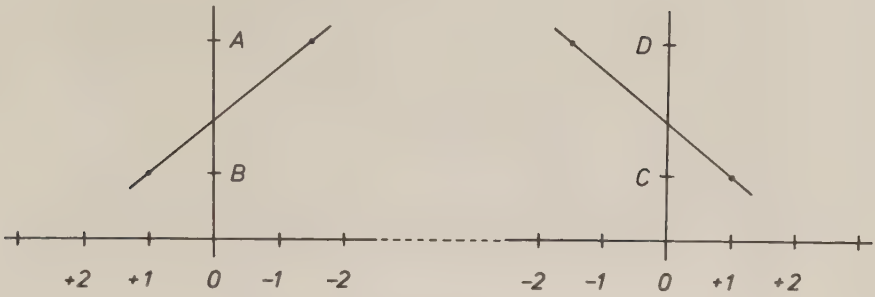


Abb. 28: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichung der Meßstrecken a und b Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 8:

		a	b
S_w	(mm)	17,88	15,40
$\bar{x}$	(mm)	17,85	15,42
s	(mm)	±0,004	±0,005
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,03	0,02
%		0,17	0,13

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a und b; s = Standardabweichung des Istwertes; % = Prozentuale Abweichung des Istwertes

Die Hinrizit Gelb - Modelle zeigen sowohl eine Abnahme (Strecke a) des okklusalen von 0,03 mm, als auch eine Zunahme (Strecke b) des cervikalen Pfeilerabstandes von 0,02 mm. Dadurch kommt es zu einer starken Einwärtskippung der Pfeiler.

Bei den im Folgenden aufgeführten Serien 9 bis 17 handelt es sich um zweizeitig ausgegossene Abformungen mit Siccoform, die zunächst mit einer dünnen Schicht Duroc ausgegossen und dann mit verschiedenen Gipsen gesockelt wurden.
In dem ersten Diagramm jeder Serie sind die Gesamtabweichungen der einzelnen Messungen (ungesägt, gesägt, 1 x herausgenommen, 10 x herausgenommen) aufgetragen.
In dem zweiten Diagramm wird für jede Serie nur eine der Messungen (ungesägt) in ihren horizontalen Auswirkungen wiedergegeben, die für die jeweilige Serie jedoch typisch ist.

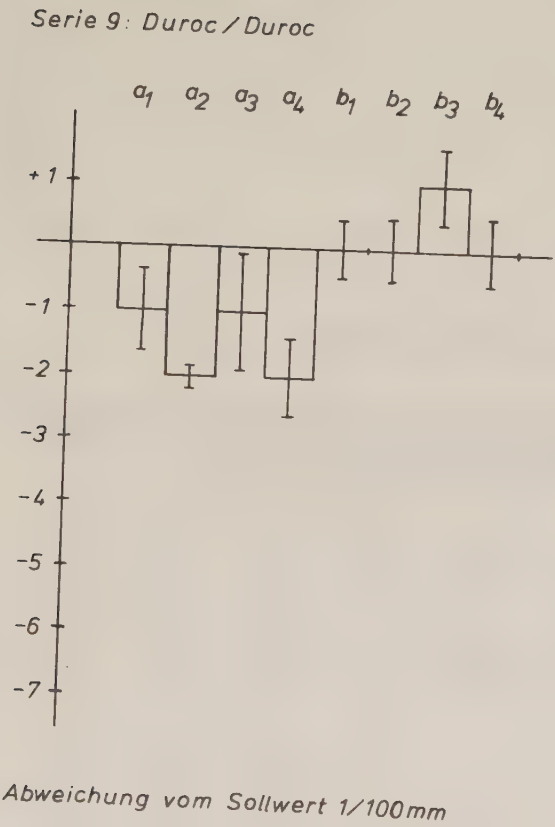
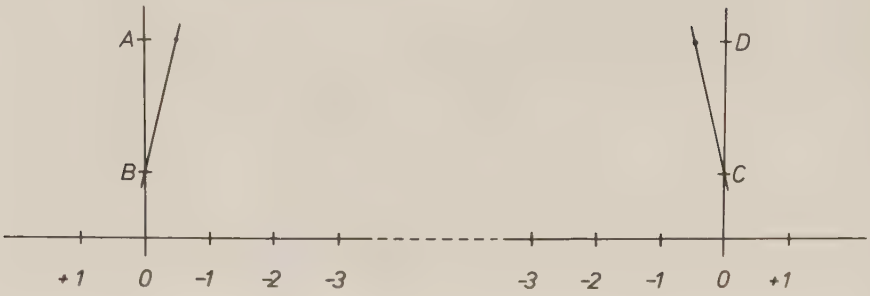


Abb. 29: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Duroc, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe

Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 9: Duroc / Duroc ungesägt



Abweichung vom Sollwert 1/100 mm

Abb. 30: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 9:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,87	17,86	17,87	17,86
s	(mm)	±0,007	±0,001	±0,009	±0,006
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02
%		0,06	0,11	0,06	0,11

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,40	15,40	15,41	15,40
s	(mm)	±0,005	±0,005	±0,006	±0,005
$\bar{x} - S_w$	(mm)	0	0	0,01	0
%		0	0	0,07	0

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Duroc, zeigen eine Abnahme der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) um 0,01 mm bis 0,02 mm und keine oder eine Zunahme der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) um 0,01 mm. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Modellstümpfe bis zu 0,01 mm auf jeder Seite. Die einzelnen Arbeitsgänge beeinflussen den Gesamtabstand nur gering.

Serie 10: Duroc / Vel-Mix Stone

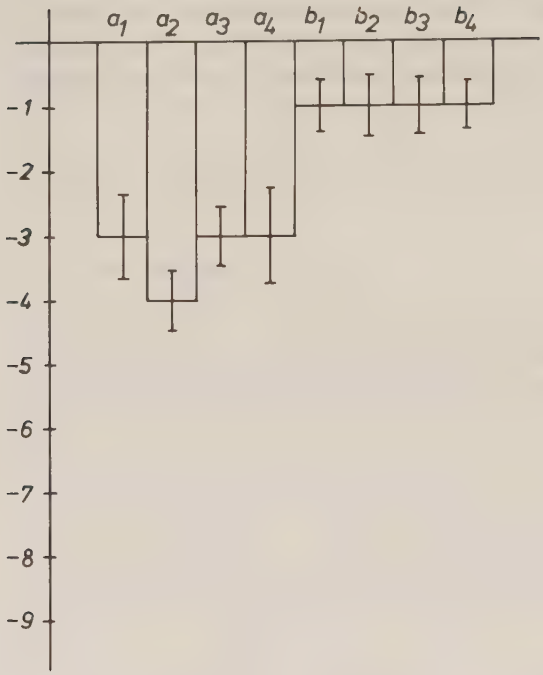
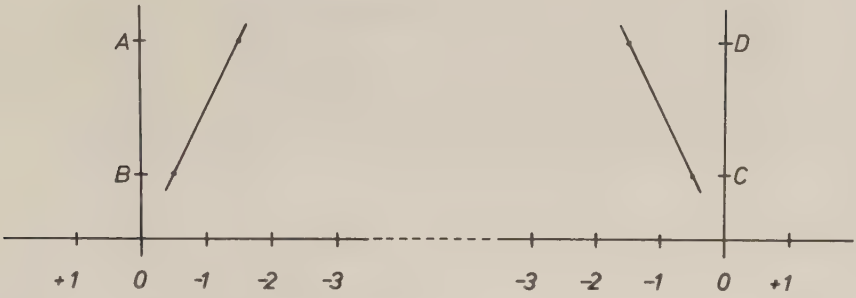


Abb. 31: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Velmix-Stone, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 10: Duroc/Vel-Mix Stone ungesägt



Abweichung vom Sollwert 1/100 mm

Abb. 32: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 10:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,85	17,84	17,85	17,85
s	(mm)	±0,006	±0,005	±0,004	±0,007
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,03	-0,04	-0,03	-0,03
%		0,17	0,22	0,17	0,17

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,39	15,39	15,39	15,39
s	(mm)	±0,004	±0,005	±0,004	±0,004
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
%		0,07	0,07	0,07	0,07

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Velmix-Stone zeigen bei allen vier Messungen eine nahezu gleichbleibende Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,03 - 0,04 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) 0,01 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Modellstümpfe und zusätzlich zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

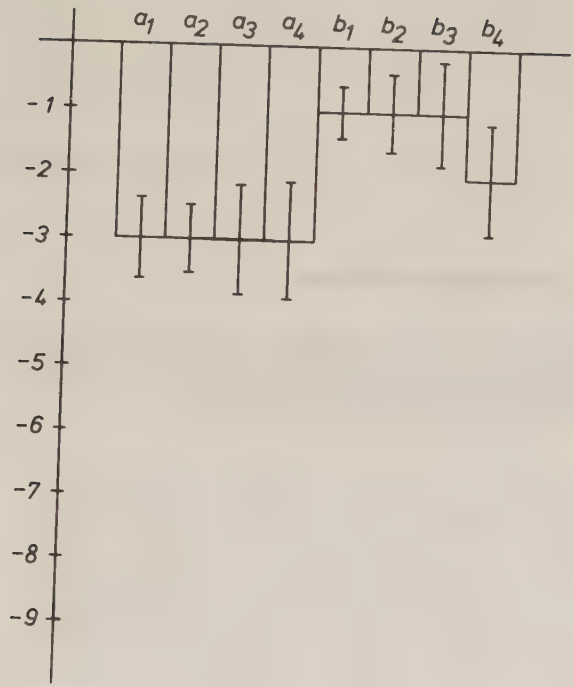


Abb. 33: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Duralit, nach Abdrücken mit Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe

Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 11: Duroc/Duralit ungesägt

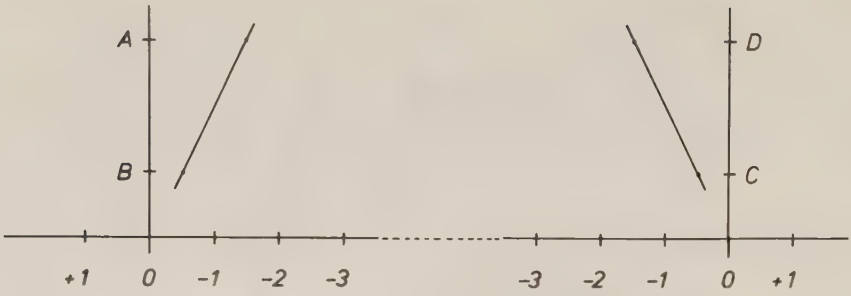


Abb. 34: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 11:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,85	17,85	17,85	17,85
s	(mm)	±0,006	±0,005	±0,008	±0,009
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
%		0,17	0,17	0,17	0,17

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,39	15,39	15,39	15,38
s	(mm)	±0,004	±0,006	±0,008	±0,009
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
%		0,07	0,07	0,07	0,13

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Duralit, zeigen bei allen vier Messungen eine nahezu gleichbleibende Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,03 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) 0,01 - 0,02 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Modellstümpfe (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

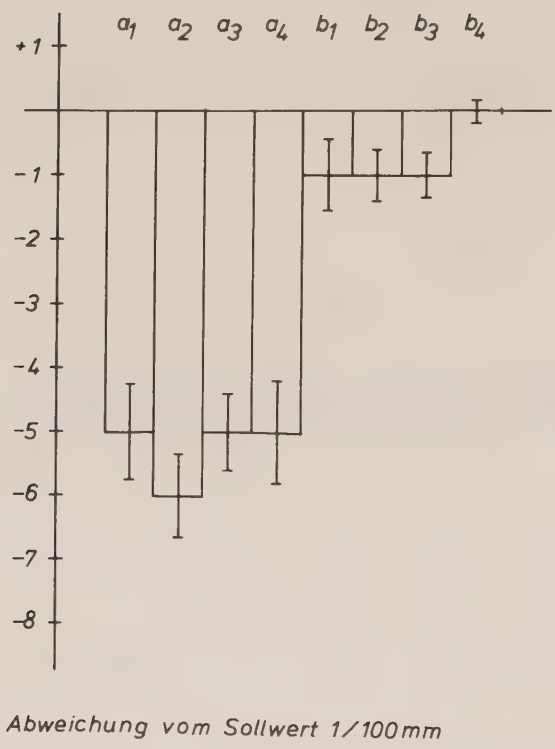


Abb. 35: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Tewestone, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe
Ordinate, die Gesamtabweichung in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 12: Duroc / Tewestone ungesägt

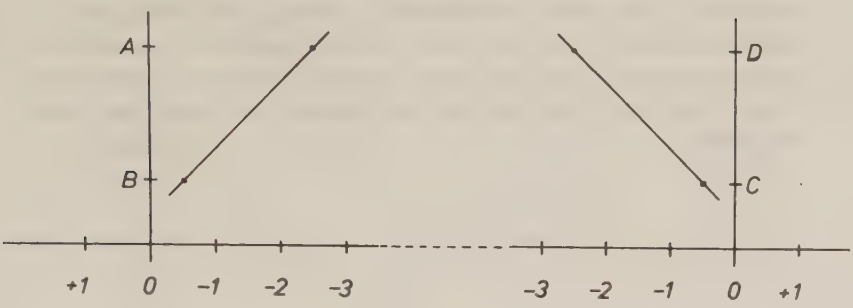


Abb. 36: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 12:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,83	17,82	17,83	17,83
s	(mm)	±0,008	±0,007	±0,006	±0,008
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,05	-0,06	-0,05	-0,05
%		0,28	0,34	0,28	0,28

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,39	15,39	15,39	15,40
s	(mm)	±0,005	±0,004	±0,004	±0,002
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,01	-0,01	-0,01	0
%		0,07	0,07	0,07	0

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Tewestone, zeigen bei allen vier Messungen eine Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,05 - 0,06 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) bis zu 0,01 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Pfeilerstümpfe (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

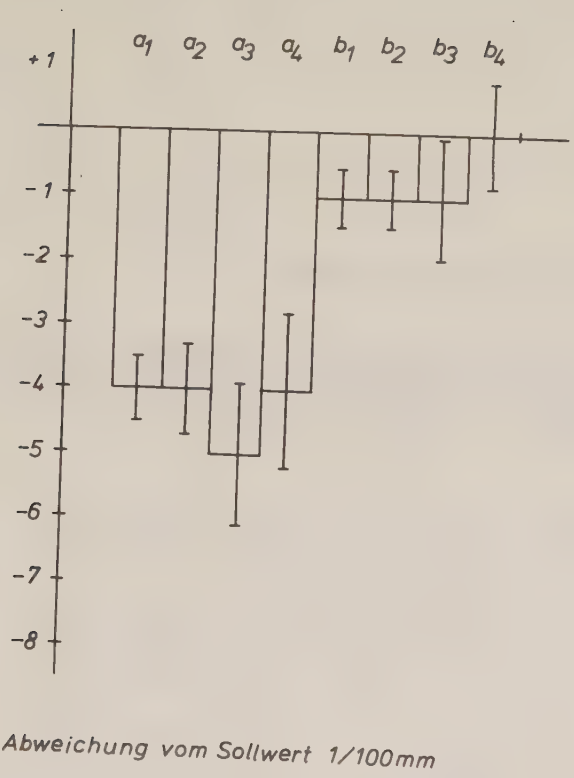


Abb. 37: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Moldano, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1, b_1 die ungesägten, a_2, b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3, b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4, b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe

Ordinate, die Gesamtabweichungen in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 13: Duroc / Moldano ungesägt

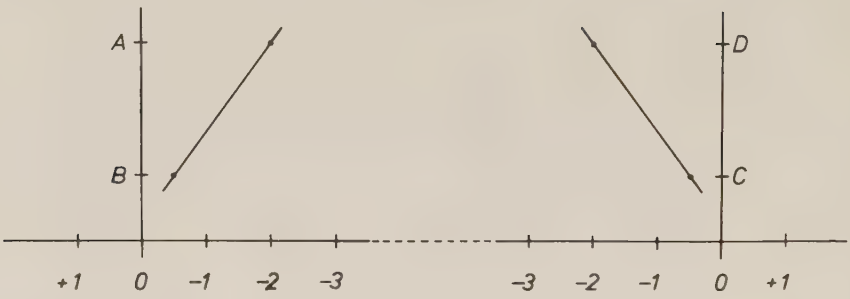


Abb. 38: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 13:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,84	17,84	17,83	17,84
s	(mm)	±0,005	±0,007	±0,011	±0,012
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,04	-0,04	-0,05	-0,04
%		0,22	0,22	0,28	0,22

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,39	15,39	15,39	15,40
s	(mm)	±0,005	±0,005	±0,009	±0,008
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,01	-0,01	-0,01	0
%		0,07	0,07	0,07	0

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Moldano zeigen bei allen vier Messungen eine Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,04 - 0,05 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) bis 0,01 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Pfeiler (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

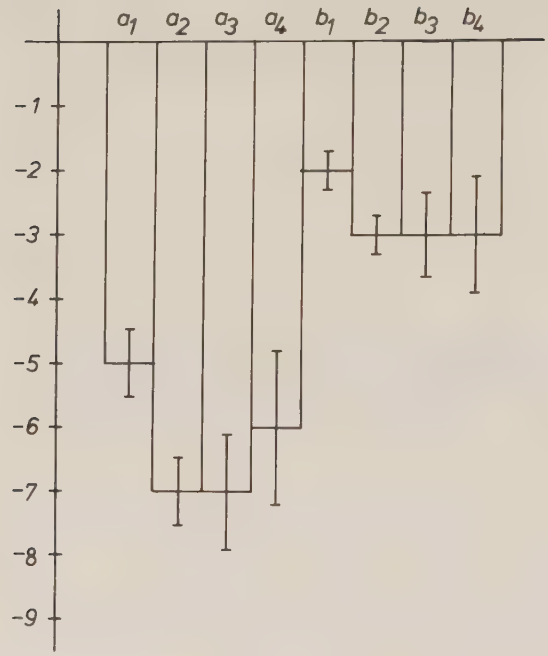


Abb. 39: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Moldaroc, nach Abdrücken mit Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe
Ordinate, die Gesamtabweichungen in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 14: Duroc/Moldaroc ungesägt

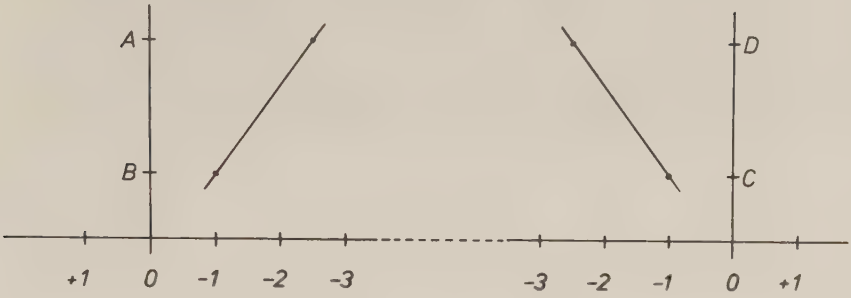


Abb. 40: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 14:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,83	17,81	17,81	17,82
s	(mm)	±0,005	±0,005	±0,010	±0,012
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,05	-0,07	-0,07	-0,06
%		0,28	0,39	0,39	0,34

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,38	15,37	15,37	15,37
s	(mm)	±0,003	±0,003	±0,007	±0,009
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03
%		0,13	0,19	0,19	0,19

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Moldaroc, zeigen bei allen vier Messungen eine Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,05 - 0,07 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) 0,02 - 0,03 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Pfeiler (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

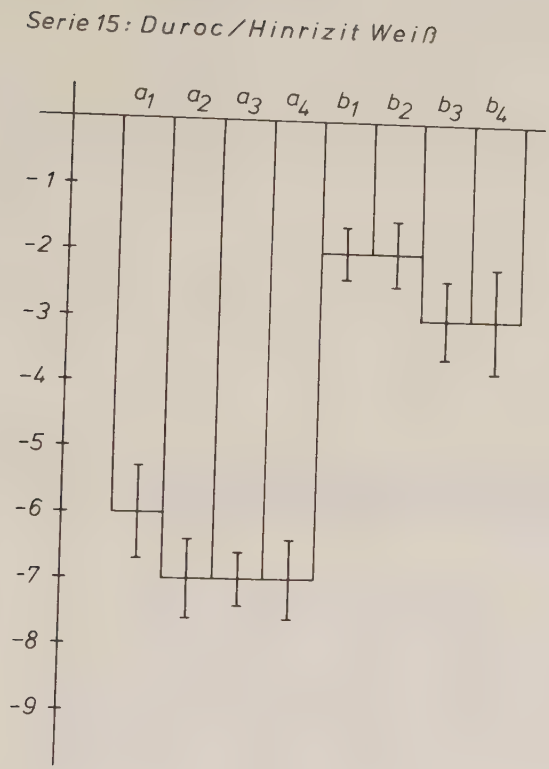
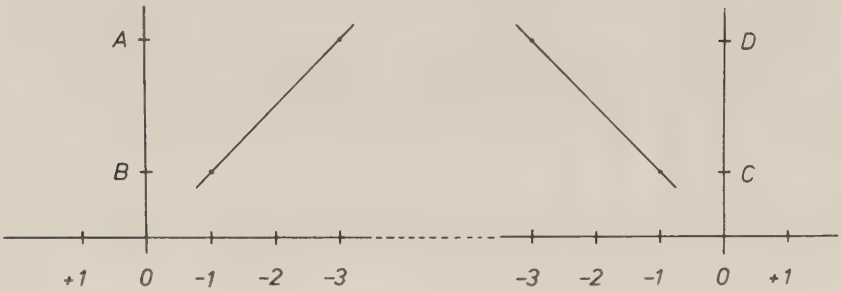


Abb. 41: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Hinrizit Weiß, nach Abdrücken mit Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehenfür einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe
Ordinate, die Gesamtabweichungen in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 15: Duroc/Hinrizit Weiß ungesägt



Abweichung vom Sollwert 1/100 mm

Abb. 42: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 15:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,82	17,81	17,81	17,81
s	(mm)	±0,007	±0,006	±0,004	±0,006
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07
%		0,34	0,39	0,39	0,39

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,38	15,38	15,37	15,37
s	(mm)	±0,004	±0,005	±0,006	±0,008
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03
%		0,13	0,13	0,19	0,19

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Hinrizit Weiß, zeigen bei allen vier Messungen eine Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,06 - 0,07 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) 0,02 - 0,03 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Pfeiler (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

Serie 16 : Duroc/Hinrizit Gelb

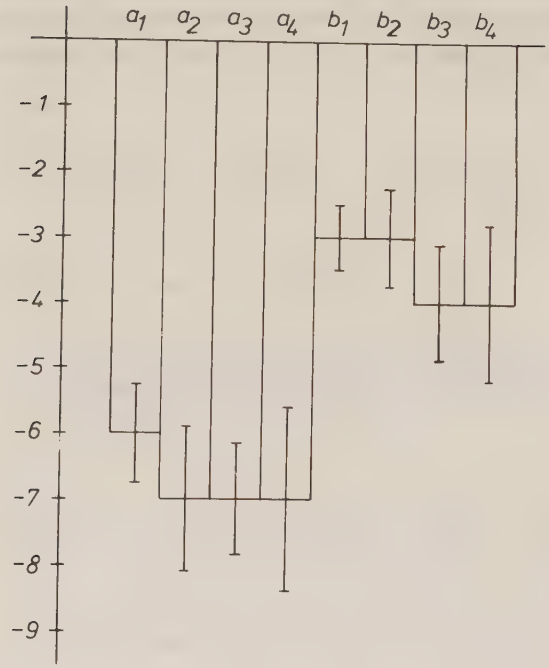
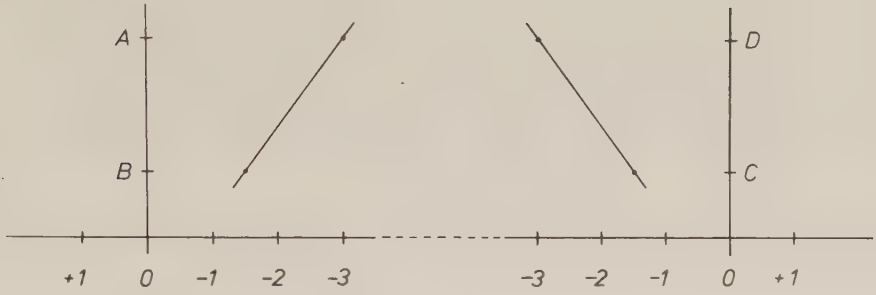


Abb. 43: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Hinrizit Gelb, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommen Modellstümpfe
Ordinate, die Gesamtabweichungen in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 16: Duroc/Hinrizit Gelb ungesägt



Abweichung vom Sollwert 1/100 mm

Abb. 44: Abszisse, die Abweichung der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 16:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,82	17,81	17,81	17,81
s	(mm)	±0,008	±0,011	±0,008	±0,014
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07
%		0,34	0,39	0,39	0,39

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,37	15,37	15,36	15,36
s	(mm)	±0,005	±0,008	±0,009	±0,012
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04
%		0,19	0,19	0,26	0,26

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Hinrizit Gelb, zeigen bei allen vier Messungen eine Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,06 - 0,07 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) 0,03 - 0,04 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Pfeiler (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Gesamtabstandes.

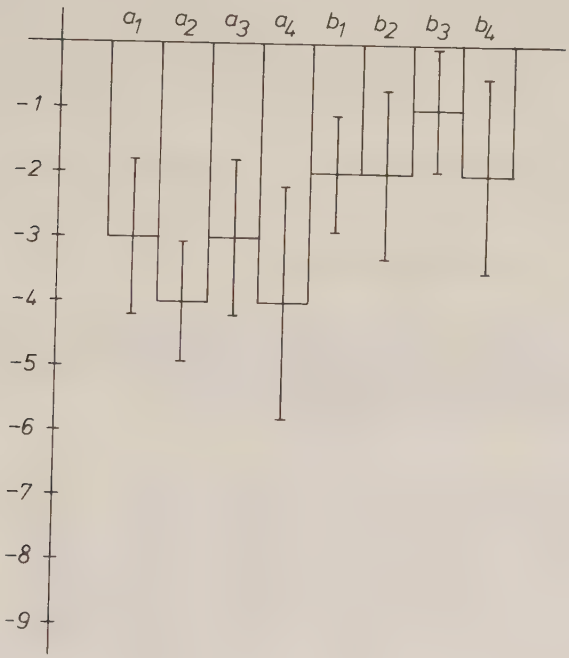


Abb. 45: Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Moldano, nach Abdrücken aus Siccoform

Abszisse, die Meßstrecken a und b, wobei a_1,b_1 die ungesägten, a_2,b_2 die gesägten Modelle bezeichnen; a_3,b_3 stehen für einmal herausgenommene, a_4,b_4 für zehnmal herausgenommene Modellstümpfe
Ordinate, die Gesamtabweichungen in 1/100 mm gegenüber dem Sollwert

Serie 17: Duroc / Moldano - Labor ungesägt

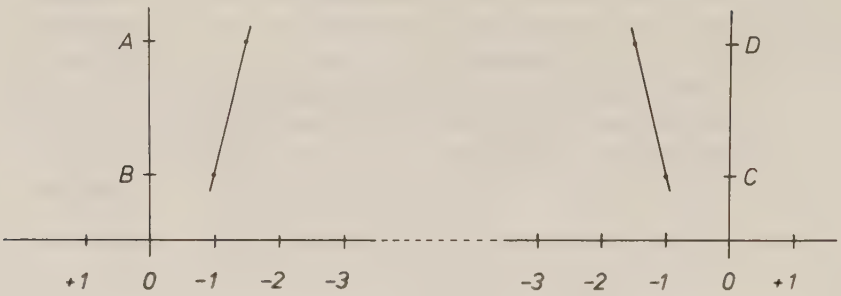


Abb. 46: Abszisse, die Abweichungen der Meßpunkte A,B,C,D in 1/100 mm vom Sollwert, gleich der Hälfte der Gesamtabweichungen der Meßstrecken a_1 und b_1 Ordinate, die Meßpunkte A,B,C,D

Tab. 17:

		a_1	a_2	a_3	a_4
S_w	(mm)	17,88	17,88	17,88	17,88
$\bar{x}$	(mm)	17,85	17,84	17,85	17,84
s	(mm)	±0,012	±0,009	±0,012	±0,018
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04
%		0,17	0,22	0,17	0,22

		b_1	b_2	b_3	b_4
S_w	(mm)	15,40	15,40	15,40	15,40
$\bar{x}$	(mm)	15,38	15,38	15,39	15,38
s	(mm)	±0,009	±0,013	±0,009	±0,015
$\bar{x} - S_w$	(mm)	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02
%		0,13	0,13	0,07	0,13

Sollwert (S_w) und arithmetisches Mittel ($\bar{x}$) der Meßstrecken a_1,b_1 (ungesägt), a_2,b_2 (gesägt), a_3,b_3 (1 x herausgenommen) und a_4,b_4 (10 x herausgenommen); s = Standardabweichung des Istwertes

Die Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit Moldano, die im zahntechnischen Labor hergestellt wurden, zeigen bei allen vier Messungen eine Abnahme des Pfeilerabstandes, der an der Meßstrecke a (okklusaler Pfeilerabstand) 0,03 - 0,04 mm und an der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand) 0,01 - 0,02 mm beträgt. Dadurch kommt es zu einem Einwärtskippen der Pfeiler (Differenz der Meßstrecken a und b) und zu einer Veringerung des Pfeilerabstandes.

Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Serien 9 bis 17.

Material	a_1	a_2	a_3	a_4	b_1	b_2	b_3	b_4
Duroc / Duroc	-1	-2	-1	-2	0	0	+1	0
Duroc / Velmixst.	-3	-4	-3	-3	-1	-1	-1	-1
Duroc / Duralit	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-2
Duroc / Tewestone	-5	-6	-5	-5	-1	-1	-1	0
Duroc / Moldano	-4	-4	-5	-4	-1	-1	-1	0
Duroc / Moldaroc	-5	-7	-7	-6	-2	-3	-3	-3
Duroc / Hinrizit W.	-6	-7	-7	-7	-3	-3	-4	-4
Duroc / Hinrizit G.	-6	-7	-7	-7	-3	-3	-4	-4
Duroc / Moldano Lab.	-3	-4	-3	-4	-2	-2	-1	-2

Tab. 18: Zusammenfassung der Ergebnisse der Serien 9 bis 17 in 1/100 mm

Die folgende Abbildung zeigt die graphische Darstellung der Meßergebnisse der ungesägten Prüfkörper. Bei allen Prüfkörpern kommt es zu einer Veringerung der Meßstrecken a und b, mit einer Ausnahme, die Meßstrecke b zeigt bei den mit Duroc gesockelten Modellen keine Veränderung. Die Differenz zwischen a und b gibt den Grad der Kippung der Pfeiler an. Mit zunehmender linearer Abbindeexpansion nehmen Kippung und Abstandsverringerung zu.

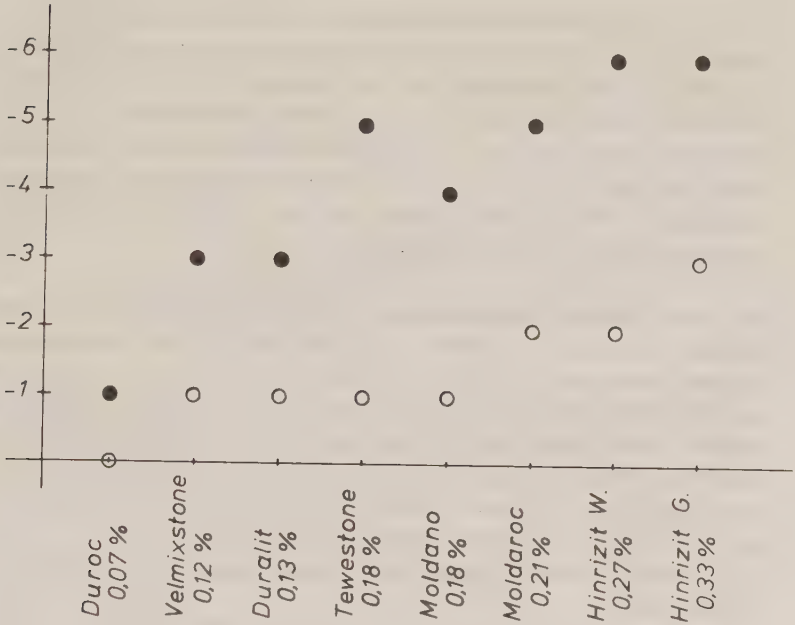


Abb. 47: Einfluß des Sockelgipses auf den Pfeilerabstand von Sägemodellen aus Duroc (vor dem Sägen der Modelle
Abszisse, die verschiedenen Modellmaterialien mit ihrer linearen Abbindeexpansion
Ordinate, Dimensionsänderungen der Meßstrecken a und b in 1/100 mm; ● = Meßstrecke a, o = Meßstrecke b

Bei allen Sägemodellen kam es zu einer Kippung der Pfeiler zueinander, abhängig von der Abbindeexpansion des Sockelgipses.

5. Diskussion

Die vorliegende Untersuchung sollte der Frage nachgehen, inwieweit der Sockelgips Einfluß auf die Genauigkeit der Sägemodelle hat. Darüber hinaus war der Einfluß der verschiedenen Arbeitsgänge bei der Sägemodellherstellung zu prüfen. Ziel der Arbeit war es, Modellgipse zu finden, die die Pfeilerrelation möglichst exakt wiedergeben.

Hierzu wurden genormte Prüfkörper von einem stilisierten Brückenmodell mittels Abdrücken aus Siccoform gewonnen und die Dimensionsänderungen von acht zahnärztlichen Gipsprodukten an zwei Meßstrecken untersucht. Es handelte sich um drei Hartgipse vom Typ III (dental stone), Moldano, Hinrizit Weiß und Hinrizit Gelb, sowie um fünf verbesserte Hartgipse vom Typ IV (dental stone, high strength), Duroc, Velmixstone, Duralit, Tewestone und Moldaroc.

In einer ersten Versuchsreihe (Serie 1 - 8) wurde das lineare Expansionsverhalten dieser Gipse untersucht. Die Abformungen wurden dazu einzeitig mit dem jeweiligen Material ausgegossen. Da die Werte der linearen Abbindeexpansion von der Größe der Probe, ihrer Länge und der Mechanik der Meßapparatur abhängig sind (26), war zunächst zu prüfen, ob die mit dieser Versuchsanordnung zu messenden Werte in Einklang mit den aus der Literatur entnommenen Werten zu bringen sind.
Die einzelnen Werte können der nachstehenden Tabelle entnommen werden.

Material	eigener Wert		Klötzer Meerkatz (21)	Bohn (3)	Franz (13)	Wirz (44)
	a	b				
Duroc	0,06	0,07	0,07	0,06	/	/
Velmixst.	0,06	0,07	0,12	0,13	0,11	0,11
Duralit	0,11	0,13	0,13	/	0,12	/
Tewestone	0,17	0,19	/	0,18	0,18	/
Moldano	-0,11	0,07	0,18	0,17	0,17	0,18
Moldaroc	0,11	0,32	0,21	0,27	0,24	0,26
Hinrizit W.	0,06	0,19	0,27	/	/	/
Hinrizit G.	-0,17	0,13	0,33	/	/	/

Tab. 19: Lineare Abbindeexpansion zahnärztlicher Hartgipse und verbesserter Hartgipse (Typ III und IV) in % Untersuchungsmethoden: Klötzer, Meerkatz, Bohn, Wirz, nach der ADA-Spezifikation Nr. 25 Franz nach DIN 13911

Betrachtet man die oben aufgeführten Werte unserer Untersuchung, so zeigt sich in allen Fällen eine Differenz zwischen den Meßstrecken a und b, was zur Kippung der Modellstümpfe führt. Diese Differenz ist jedoch für Duroc, Velmixstone, Duralit und Tewestone so gering, daß sie in den Absolutwerten keine Rolle spielt (s.a. Ergebnisse der einzelnen Serien, S. 24 - 39). Die für diese Gipse gemessenen linearen Dimensionsänderungen sind bis auf Velmixstone auch weitgehend identisch mit den aus der Literatur entnommenen (3,13,21,44).

Für Moldano, Moldaroc, Hinrizit Weiß und Hinrizit Gelb wird die Diskrepanz stärker, was gleichbedeutend ist mit einer stärkeren Kippung der Pfeiler. In zwei Fällen kommt es sogar zu einer Abstandsverringerung an der Meßstrecke a. Hier läßt sich in keinem Fall eine Übereinstimmung mit den Werten aus der Literatur erkennen.

Die Ursache ist unseres Erachtens methodisch bedingt. Der von uns verwendete Prüfkörper wurde exzentrisch vermessen, d.h. es wurde nicht die tatsächliche Expansion erfaßt , sondern deren Auswirkung auf die Pfeilerrelation. Dabei führt eine größere Expansion auch zu einer stärkeren Kippung der Modellstümpfe, wobei es auch zu einer Veringerung des Pfeilerabstandes kommen kann. Die folgende Abbildung soll dieses Problem veranschaulichen.

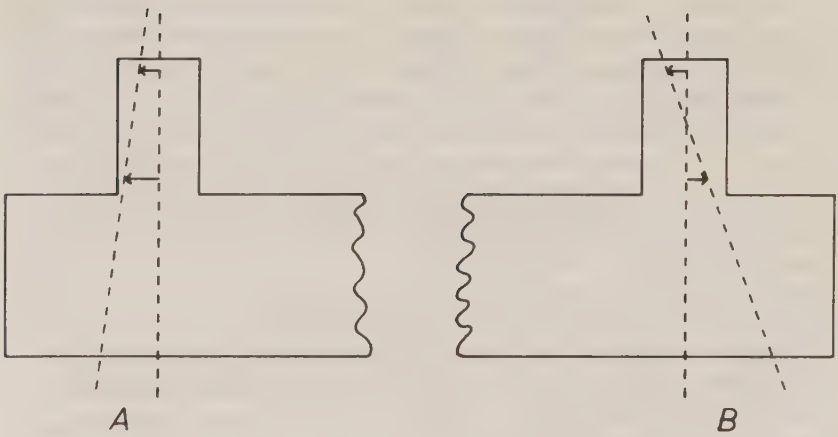


Abb. 48: Auswirkungen der Expansion des Modellsockels auf die Pfeilerrelation bei Gipsmodellen
A: ungleichmäßige Zunahme an den Meßstrecken a und b
B: Abnahme an der Strecke a, Zunahme an der Strecke b

Als Faktoren für das unterschiedliche Expansionsverhalten der beiden Meßstrecken kommen

1. die unterschiedliche Massenverteilung der Prüfkörper
2. die verminderten Expansionsmöglichkeiten der Modellstümpfe in den Abdrucklumina in Frage, und

3. ist die Frage des Expansionsverhaltens an der Grenzfläche Abdruckmaterial, Gips zu diskutieren.

So konnte KUSNER (23) feststellen, daß die Höhe der Abbindeexpansion des Gipses davon abhängt, auf welchem Material er aufliegt.

Zusammenfassend läßt sich für die erste Versuchsreihe feststellen, daß es mit der Zunahme der Abbindeexpansion zu einer verstärkten Kippung der Modellstümpfe kommt.

In einer zweiten Versuchsreihe (Serie 9 - 16) wurden die Auswirkungen der linearen Abbindeexpansion der verwendeten Materialien auf die Sägemodellherstellung untersucht. Auch hier wurden wiederum Abdrücke von dem stilisierten Brückenmodell gewonnen und zunächst mit einer dünnen Schicht Duroc ausgegossen und mit Dowelpins versehen, dann isoliert und mit den verschiedenen Gipsen gesockelt. Duroc, das Material mit der geringsten Abbindeexpansion eignet sich am ehesten als Zahnkranzgips für diese zweite Versuchsreihe, in der der Einfluß des Sockelgipses untersucht wurde.

Die Prüfkörper wurden zunächst ungesägt vermessen. Dabei trat bei allen Serien eine Verkleinerung der Meßstrecke a von 0,01 mm bis 0,06 mm und der Meßstrecke b von 0 bis 0,03 mm auf. (s. Tab. 18) Die Änderung der Strecke a (okklusaler Pfeilerabstand) war in jedem Fall größer als die der Meßstrecke b (cervikaler Pfeilerabstand), so daß es zum Einwärtskippen der Modellstümpfe kam. Es konnte ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Kippung der Pfeiler und der linearen Abbindeexpansion des Sockelgipses festgestellt werden. (s. Abb. 47) Mit zunehmender Abbindeexpansion wurden die Modellstümpfe stärker zueinander gekippt. Je größer die Differenz zwischen den gemessenen Dimensionsänderungen für die Meßstrecken a und b ist, desto größer ist die Kippung der Pfeiler. Der abbindende Sockelgips verformt den bereits abgebundenen Zahnkranzgips.

PAULICK (32) kommt zu dem Ergebniss, daß die Sockelmasse keinen Einfluß auf das Expansionsverhalten ganzer Kiefermodelle hat. KNAB (22) konnte zeigen, daß Durocmodelle mit

dünnem Sockel geringere Expansionswerte als mit dickerem Sockel haben. Wir führen die von uns gemessenen Dimensionsänderungen u.a.auch auf die in die Prüfkörper eingesetzten Dowelpins zurück, die aus dem abgebundenen Zahnkranzgips in den abbindenden Sockelgips hineinragen und die auftretenden Expansionskräfte auf den Zahnkranzgips übertragen. Allerdings lassen sich mit diesen Ergebnissen keine gesicherten Aussagen über das Dimensionsverhalten von Sägemodellen ganzer Kiefer machen, da die Genauigkeit solcher Modelle von einer Reihe von Faktoren beeinflußt wird (26).

Die Prüfkörper wurden gesägt, die Modellstümpfe zunächst einmal, dann zehnmal herausgenommen und jeweils vermessen. Dabei zeigt sich, daß die auftretenden Dimensionsänderungen gegenüber den ungesägten Prüfkörpern nur noch sehr gering sind. Sie liegen in der Regel bei -0,01 mm über alle drei Arbeitsgänge. Nur einmal traten -0,02 mm und einmal +0,01 mm auf. So daß man hieraus den Schluß ziehen kann, daß für die Genauigkeit der Sägemodelle in erster Linie der Sockelgips verantwortlich ist, und erst an zweiter Stelle die Arbeitsgänge, wie Sägen und Herausnehmen der Stümpfe.
DILTS et al. (9) fanden Abweichungen von -0,01 mm bis +0,03 mm bei dem auch von uns verwendeten Sägemodellsystem an einem stilisierten Brückenmodell nach Abdrücken mit Permlastic. Gemessen wurde vor dem Sägen und nach dreißigmaligem Herausnehmen. Die Dimensionsänderungen beziehen sich auf die ungesägten Modelle und nicht auf das Ausgangsmodell.
MIRANDA et al. (29) untersuchten die Abweichungen nach dreißigmaligem Herausnehmen zum gesägten Modell. Hierbei zeigten sich in mesial - distaler Richtung Dimensionsänderungen von -0,07 mm bis +0,03 mm bei dem Pindexsystem. Gemessen wurde an einem vollständigen Modell mit zwei präparierten Stümpfen im Seitenzahnbereich. Zwischen Pindexsystem und Di - Loksystem konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.
Bei diesen beiden Untersuchungen wurden die Okklusalflächen der Modellstümpfe als Bezugspunkte gewählt, so daß keine

Aussage über evtl. Kippung der Pfeiler möglich war. Die Ergebnisse liegen in derselben Größenordnung wie die von uns gemessenen Werte, wobei die Untersuchung von DILTS ebenfalls nur geringfügige Dimensionsänderungen durch die einzelnen Arbeitsgänge zeigt.
PANGIDIS (30) fand bei Sägemodellen aus Velmixstone nach Doppelmischabdrücken mit Silaplast / Silasoft mittlere Abweichungen von 0,5%, die jedoch im Seitenzahnbereich nur 0,1% betrugen. Diese Ergebnisse liegen im Bereich der von uns bei den mit Velmixstone gesockelten Sägemodelle an der Meßstrecke a gemessenen 0,17%.

In einer letzten Serie 17 wurden die Abformungen unter laborüblichen , nicht standardisierten Bedingungen ausgegossen. Als Sockelgips wurde Moldano verwendet. Die Abweichungen für die Strecke a liegen bei -0,03 mm bis -0,04 mm und für die Strecke b bei -0,01 mm bis -0,02 mm. Die Kippung der Pfeiler ist dadurch etwas geringer als in Serie 13 (Duroc / Moldano, unter standardisierten Bedingungen). Auch hier zeigt sich praktisch keine Änderung durch die einzelnen Arbeitsgänge.

Die von uns gefundenen Dimensionsänderungen liegen innerhalb des physiologischen Toleranzbereichs des gesunden Parodontiums (17).
Sägemodelle aus Gipsen geringer Abbindeexpansion sind genauer als solche aus Gipsen großer Abbindeexpansion. Diese Ergebnisse lassen sich in ihren genauen Auswirkungen jedoch nur bedingt auf ganze Kiefermodelle übertragen. So konnte MARX (26) feststellen, daß die Abweichungen der sagitalen Strecken eines Modells kleiner sind, als die der transversalen Strecken.

6. Zusammenfassung

Acht dentale Gipsprodukte wurden auf ihre Eignung für die Sägemodellherstellung geprüft.
Von einem stilisierten Brückenmodell wurden nach Abdrücken mit Siccoform Prüfkörper hergestellt.
In einer ersten Versuchsreihe wurden die Abdrücke einzeitig mit einem Material ausgegossen.
In einer zweiten Versuchsreihe wurden die Abdrücke zunächst mit einer dünnen Schicht Duroc ausgegossen, Dowelpins gesetzt, isoliert und dann mit den verschiedenen Materialien gesockelt.
Der Abstand der beiden Modellstümpfe des Brückenmodells wurde an der Oberkante und an der Basis vermessen.
Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Modelle aus einem Material zeigen mit steigender linearer Abbindeexpansion des Gipses eine zunehmende Einwärtskippung der Modellstümpfe. Dabei kann sowohl der okklusale als auch der cervikale Pfeilerabstand vergrößert werden. Bei starker Kippung kann es auch zur Veringerung des Abstandes zwischen den Okklusalkanten der Modellstümpfe kommen.
2. Sägemodelle aus Duroc, gesockelt mit den verschiedenen Gipsen, zeigen immer eine Verkleinerung des Abstandes zwischen den Modellstümpfen und ein Einwärtskippen der Pfeiler.
   Verkleinerung und Kippung nehmen mit steigender linearer Abbindeexpansion des Sockelgipses zu.

7. Literaturverzeichnis

1 American Dental Association

New American Dental Association Spezifikation No. 25 for dental gypsum produkts
J. Amer. dent. Ass. 84, 640 (1972)

2 Benfield, J.W., Lyons, G.V.

Precision Dies From Elastic Impression
J. prosth. Dent. 12, 737-752 (1962)

3 Bohn, H.

Vergleichende Messung der linearen Abbindeexpansion zahnärztlicher Gipse mit vier verschiedenen Verfahren
Med. Diss. Mainz 1976

4 Burgdorf, H.O.

Vergleichende Untersuchung zum Korrekturabdruck und zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken
Med. Diss. Marburg 1978

5 Caesar, H.H.

Versuchsreihe über Abdruck und Modellmaterial
dental-Labor 19, 7, 24-26 (1971)

6 Christy, J.M., Pipko, D.J.

A Simplified Method Of Indexing Working Dies
J. prosth. Dent. 19, 160-163 (1968)

7 Combe, E.C.

Notes Of Dental Materials
Chuchill Livingstone, Edinburg and London 1972

8 Cowell, T.A., Moore, J.

New Technic For Sectional Model Production For Inlay and Bridgework
J. Amer. dent. Ass. 71, 1387-1390 (1965)

9 Dilts, W.E., Podshadley, A.G., Sawyer, H.F., Neimann, R.

Accuracy Of Four Removable Die Techniques
J. Amer. dent. Ass. 83, 1081-1085 (1971)

10 Dubs, W.

Untersuchung auf Härte und Expansion bei einigen neueren Gipssorten
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 44, 515-554 (1934)

11 Finger, W.

Werkstoffkundliche Untersuchungen an neuen Modellmaterialien
Zahnärztl. Welt 81, 747-751 (1972)

12 Franz, G.

Zur Frage der Weiterverarbeitung eines Abdrucks
dental-Labor 24, 1359-1367 (1976)

13 Franz, G.

Werkstoffkundliche Untersuchungen zur Gipshärte und zum Dimensionsverhalten von Elastomer und Hartgips bei ihrem Kontakt - I. Teil -
Zahnärztl. Welt 86, 528-530 (1977)

14 Fusayama, T.

Dimensional, Form And Hardness Changes Of Dies For Indirect Dental Technic
J. Amer. dent. Ass. 52, 162-185 (1956)

15 Gardemin, U.

Über das Volumenverhalten von Hartgipsen und Modellzementen
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 539-544 (1969)

16 Godt, H.

Über die Verwendung verschiedener Modellwerkstoffe bei der indirekten Gußherstellung
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 44-47 (1964)

17 Hofmann, M.

Abformung und Modell - Zielsetzung in klinischer Hinsicht
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 85-90 (1972)

18 Hohlt, F.A., Phillips, R.W.

Evaluation Of Various Methods Employed For Constrcting Working Dies From Hydrokolloid Impressions
J. prosth. Dent. 6, 87-93 (1956)

19 Ilg, V.K.

Untersuchungen zur indirekten Technik, Teil II
Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 1140-1146 (1961)

20 Klötzer, W.T., Körber, E.

Gips
in Eichner, K., Leitfaden Zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung
Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1974

21 Klötzer, W.T., Meerkatz von, H.E.

Materialeigenschaften gebräuchlicher Gipsprodukte und deren Prüfung
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 194-199 (1975)

22 Knab, W.W.

Vergleichende Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Zahn- und Kiefermodellen aus Gips und Kunststoff
Med. Diss. Erlangen 1972

23 Kusner, W.

Final Expansion Of Plaster
J. dent. Res. 47, 694-698 (1968)

24 Lehmann, K., Lange, G.

Vergleichende Untersuchungen über Modellmaterialien für Kronen und Brücken
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 819.823 (1973)

25 Lenz, E.

Prüfung der Modellherstellung für festsitzenden Zahnersatz
Dtsch. Stomat. 19, 90-102 (1969)

26 Marx, H.

Zur Relation zwischen Abbindeexpansion und realer Dimension von Gipsmodellen
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 694-697 (1976)

27 Meiners, H.

Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien
Carl Hanser Verlag München Wien 1977

28 Meisner, E.J.G.

Eine vergleichende Untersuchung über die Abform- und Modellmaterialien zur Herstellung von Vollgußkronen
Med. Diss. Erlangen 1966

29 Miranda, F.J., Dilts, W.E., Duncanson, M.G., Collard, E.W.

Comparative Stability Of Two Removable Die Systems
J. prosth. Dent. 36, 326-333 (1976)

30 Pangidis, Ch.

Herstellung von Sägemodellen mit elastischer Papille
dental-Labor 21, 605-610 (1973)

31 Pantke, H., Hernsdorf, U.

Untersuchungen über das Dimensionsverhalten der Modellwerkstoffe Duroc und Glastone
Dtsch. Zahnärztebl. 20, 561-568 (1966)

32 Paulick, G.

Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Gipsmodellwerkstoffe auf das transversale und sagittale Dimensionsverhalten eines Kiefermodells
Med. Diss. Mainz 1976

33 Price, W.R., Lester, Ch., Eames, W.B., Wallace, St.W.

Dimensional Accuracy And Detail Reproducibility Of Several Die Materials
J. dent. Res. 55, B 235, 694 (1976)

34 Reed, G.M.

New Conzept In Precision Dowels
J. Amer. dent. Ass. 76, 321-324 (1968)

35 Riethe, P.

Über den Einfluß verschiedener Abdruckmaterialien und Modellwerkstoffe auf die Paßgenauigkeit von MOD - Gußfüllungen
Dtsch. zahnärztl, Z. 18, 1034-1040 (1963)

36 Ringleb, S.

Untersuchungen über die Abformgenauigkeit untersichgehender Stellen bei den gummielastischen Abformmassen Impregum, Optosil - Xantopren und Siccoform
Med. Diss. Marburg 1976

37 Rudd, K.D., Strunk, R.R., Morrow, R.M.

Removable Dies For Crowns, Inlays and Fixed Partial Dentures
J. prosth. Dent. 23, 337-345 (1970)

38 Schubert, W.

Über den Verlauf und Umfang der Expansion zahntechnischer Formgipse während des Abbindevorgangs unter besonderer Berücksichtigung des Volumenverhaltens bekannter, in der DDR hergestellter Hart- und Halbhartgipse
Dtsch. Stomat. 8, 593-599 (1958)

39 Schwindling, R. Genieser, H.

Volumenverhalten, Härte und Bruchfestigkeit neuerer zahnärztlicher Hartgipse
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 37, 317-330 (1962)

40 Stern, A.J., Vernon, H.M.

Development Of A New Tool In Restorative Dentistry
J. prosth. Dent. 21, 536-544 (1969)

41 Toreskog, S., Phillips, R.W., Schnell, R.J.

Properities Of Die Materials: A Comparative Study
J. prosth. Dent. 16, 119-131 (1966)

42 Vacek, C.M.

Über die Reproduktionszuverlässigkeit einiger Hartgipse
Die Quintessenz 17, 7, 65-67 (1966)

43 Welker, D.

Untersuchungen über die Verarbeitung von Modell Gips und den Wert Ihrer Standardisierung
Stomat. DDR 24, 503-511 (1974)

44 Wirz, J., Castagnola, L., Gilomen, H.

Werkstoffkundliche Untersuchungen von zahnärztlichen Hart- und Spezialgipsen
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 86, 977-989 (1976)

45 Zakaria, A.A.

A Die Sawing Technique
J. prosth. Dent. 32, 226-227 (1974)

46 Zakaria, A.A.

A Technique For Fabricating Dies
J. prosth. Dent. 35, 231-233 (1976)

8. Zusammenstellung der Versuchsprotokolle

Im Folgenden sind die Meßergebnisse der einzelnen Versuchsreihen und der Sollwertmessung aufgeführt. Die Prüfkörper jeder Serie wurden fortlaufend von 1 - 10 nummeriert. Die einzelnen Werte sind in der Reihe der Messung, nämlich Meßpunkt A,B,C,D aufgeführt (s. Abb. 3). Darunter stehen die errechneten und noch nicht gerundeten Werte der Meßstrecken a und b.

Sollwertmessung:

	1	2	3	4	5
A	1,472	1,107	1,330	1,540	1,373
B	2,590	2,223	2,450	2,655	2,483
C	17,990	17,625	17,850	18,058	17,887
D	19,350	18,986	19,210	19,419	19,250
a	17,878	17,879	17,880	17,879	17,877
b	15,400	15,402	15,400	15,403	15,404

	6	7	8	9	10
A	1,356	1,943	1,324	0,976	1,357
B	2,468	3,060	2,444	2,088	2,470
C	17,870	18,462	17,846	17,492	17,872
D	19,234	19,821	19,203	18,856	19,235
a	17,878	17,878	17,879	17,880	17,878
b	15,402	15,402	15,402	15,404	15,402

Serie 1: Duroc

	1	2	3	4	5
A	1,230	1,576	1,054	0,552	1,871
B	2,342	2,694	2,158	1,687	2,982
C	17,756	18,105	17,577	17,102	18,396
D	19,124	19,464	18,944	18,446	19,760
a	17,894	17,888	17,890	17,894	17,889
b	15,414	15,411	15,419	15,415	15,414

	6	7	8	9	10
A	0,202	1,041	0,487	0,605	1,405
B	1,318	2,161	1,583	1,737	2,512
C	16,730	17,570	17,000	17,150	17,923
D	18,088	18,931	18,376	18,504	19,295
a	17,886	17,890	17,889	17,899	17,890
b	15,412	15,409	15,417	15,413	15,411

Serie 2: Velmix - Stone

	1	2	3	4	5
A	2,124	1,791	1,608	0,893	1,800
B	3,250	2,913	2,724	2,013	2,915
C	18,659	18,326	18,135	17,430	18,333
D	20,013	19,681	19,494	18,782	19,692
a	17,889	17,890	17,886	17,889	17,892
b	15,409	15,413	15,411	15,417	15,418

	6	7	8	9	10
A	0,704	0,925	0,770	0,812	1,630
B	1,812	2,034	1,889	1,928	2,740
C	17,237	17,448	17,298	17,340	18,157
D	18,592	18,812	18,655	19,696	19,515
a	17,888	17,887	17,885	17,884	17,885
b	15,415	15,414	15,409	15,412	15,417

Serie 3: Duralit

	1	2	3	4	5
A	0,966	1,388	0,516	0,254	0,756
B	2,080	2,514	1,645	1,365	1,870
C	17,500	17,925	17,062	16,782	17,290
D	18,868	19,283	18,417	18,151	18,651
a	17,902	17,895	17,901	17,897	17,895
b	15,420	15,411	15,417	15,417	15,420

	6	7	8	9	10
A	0,950	1,144	0,925	1,055	0,966
B	2,075	1,265	2,035	2,174	2,081
C	17,488	17,676	17,448	17,594	17,496
D	18,855	19,040	18,818	18,955	18,865
a	17,905	17,896	17,893	17,900	17,899
b	15,413	15,411	15,413	15,420	15,415

Serie 4: Tewestone

	1	2	3	4	5
A	1,216	0,740	0,502	1,290	1,089
B	2,339	1,864	1,619	2,426	2,204
C	17,772	17,294	17,054	17,858	17,635
D	19,124	18,650	18,414	19,204	18,996
a	17,908	17,910	17,912	17,914	17,907
b	15,433	15,430	15,435	15,432	15,431

	6	7	8	9	10
A	1,140	0,883	0,706	1,186	1,716
B	2,258	2,017	1,829	2,311	2,841
C	17,692	17,452	17,264	17,750	18,277
D	19,045	18,797	18,620	19,098	19,625
a	17,905	17,914	17,914	17,912	17,909
b	15,434	15,435	15,435	15,439	15,436

Serie 5: Moldano

	1	2	3	4	5
A	0,642	0,676	0,768	2,010	2,244
B	1,776	1,788	1,886	3,126	3,365
C	17,170	17,180	17,278	18,524	18,753
D	18,510	18,531	18,636	19,867	20,109
a	17,868	17,855	17,868	17,857	17,865
b	15,394	15,392	15,392	15,398	15,388

	6	7	8	9	10
A	3,172	2,220	1,476	1,832	2,140
B	4,288	3,333	2,593	2,955	3,265
C	19,681	18,734	17,982	18,345	18,652
D	21,036	20,082	19,329	19,700	19,994
a	17,864	17,862	17,853	17,868	17,854
b	15,393	15,401	15,389	15,390	15,387

Serie 6: Moldaroc

	1	2	3	4	5
A	1,216	1,234	0,346	1,834	1,158
B	2,304	2,351	1,435	2,956	2,260
C	17,755	17,802	16,887	18,409	17,706
D	19,100	19,134	18,241	19,740	19,043
a	17,884	17,900	17,895	17,906	17,885
b	15,451	15,451	15,452	15,453	15,444

	6	7	8	9	10
A	1,906	2,348	1,548	3,152	1,558
B	3,008	3,454	2,658	4,256	2,665
C	18,450	18,898	18,103	19,695	18,114
D	19,794	20,250	19,448	21,053	19,453
a	17,888	17,902	17,900	17,901	17,895
b	15,442	15,444	15,445	15,439	15,449

Serie 7: Hinrizit Weiß

	1	2	3	4	5
A	0,691	1,350	0,928	0,800	1,031
B	1.806	2,465	2,054	1,913	2,158
C	17,231	17,888	17,478	17,339	17,585
D	18,577	19,248	18,815	18,700	18,932
a	17,886	17,898	17,887	17,900	17,901
b	15,425	15,423	15,424	15,426	15,427

	6	7	8	9	10
A	1,260	1,440	0,747	0,170	1,285
B	2,392	2,554	1,868	1,315	2,405
C	17,815	17,973	17,298	16,746	17,830
D	19,151	19,334	18,655	18,057	19,174
a	17,891	17,894	17,908	17,887	17,889
b	15,423	15,419	15,430	15,431	15,425

Serie 8: Hinrizit Gelb

	1	2	3	4	5
A	3,117	3,023	2,334	1,540	1,842
B	4,267	4,149	3,465	2,631	2,932
C	19,674	19,567	18,884	18,043	18,347
D	20,964	20,865	20,184	19,381	19,682
a	17,847	17,842	17,850	17,841	17,840
b	15,407	15,418	15,419	15,412	15,415

	6	7	8	9	10
A	1,932	2,147	1,930	3,070	1,896
B	3,028	3,205	3,051	4,178	3,005
C	18,447	18,616	18,473	19,590	18,426
D	19,784	19,994	19,779	20,913	19,747
a	17,852	17,847	17,849	17,843	17,851
b	15,419	15,411	15,422	15,412	15,421

Serie 9: Duroc / Duroc ungesägt

	1	2	3	4	5
A	2,290	1,327	1,197	0,248	1,162
B	3,389	2,435	2,330	1,365	2,280
C	18,792	17,840	17,728	16,772	17,687
D	20,157	19,200	19,072	18,122	19,041
a_1	17,867	17,873	17,875	17,874	17,879
b_1	15,403	15,405	15,398	15,407	15,407

	6	7	8	9	10
A	0,767	1,030	0,760	0,805	1,426
B	1,882	2,137	1,883	1,910	2,544
C	17,283	17,544	17,280	17,308	17,954
D	18,643	18,905	18,624	18,668	19,286
a_1	17,876	17,875	17,864	17,863	17,860
b_1	15,401	15,407	15,397	15,398	15,410

Serie 9: Duroc / Duroc gesägt

	1	2	3	4	5
A	1,135	1,774	0,703	1,551	2,227
B	2,248	2,881	1,814	2,647	3,328
C	17,653	18,279	17,214	18,055	18,734
D	18,992	19,630	18,560	19,410	20,086
a_2	17,857	17,856	17,857	17,859	17,855
b_2	15,405	15,398	15,400	15,408	15,410

	6	7	8	9	10
A	0,398	0,840	0,759	0,831	0,847
B	1,505	1,921	1,877	1,938	1,962
C	16,911	17,317	17,278	17,338	17,370
D	18,256	18,698	18,618	18,689	18,703
a_2	17,858	17,858	17,859	17,858	17,856
b_2	15,406	15,396	15,401	15,400	15,408

Serie 9: Duroc / Duroc 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,080	1,396	0,478	0,115	1,277
B	2,175	2,497	1,570	1,224	2,380
C	17,573	17,903	16,968	16,627	17,795
D	18,940	19,263	18,327	17,984	19,155
a_3	17,860	17,867	17,849	17,869	17,878
b_3	15,398	15,406	15,398	15,403	15,415

	6	7	8	9	10
A	0,116	0,743	1,207	0,952	0,370
B	1,215	1,848	2,332	2,064	1,486
C	16,624	17,252	17,743	17,470	16,900
D	17,978	18,610	19,085	18,810	18,228
a_3	17,862	17,867	17,878	17,858	17,858
b_3	15,409	15,404	15,411	15,406	15,414

Serie 9: Duroc / Duroc 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,010	2,078	0,440	1,509	2,480
B	2,104	3,196	1,539	2,623	3,623
C	17,508	18,593	16,937	18,020	19,027
D	18,867	19,933	18,290	19,375	20,351
a_4	17,857	17,855	17,850	17,866	17,871
b_4	15,404	15,397	15,398	15,397	15,404

	6	7	8	9	10
A	1,310	2,380	1,393	2,180	1,935
B	2,411	3,484	2,552	3,305	3,038
C	17,824	18,886	17,953	18,704	18,447
D	19,173	20,235	19,255	20,037	19,794
a_4	17,863	17,855	17,862	17,857	17,859
b_4	15,413	15,402	15,401	15,399	15,409

Serie 10: Duroc / Velmix - Stone ungesägt

	1	2	3	4	5
A	3,345	2,642	3,031	2,462	2,880
B	4,450	3,758	4,165	3,590	4,000
C	19,842	19,152	19,561	18,978	19,385
D	21,190	20,505	20,892	20,318	20,721
a_1	17,845	17,853	17,861	17,856	17,841
b_1	15,392	15,394	15,396	15,388	15,385

	6	7	8	9	10
A	0,884	2,370	2,513	2,868	2,406
B	2,002	3,480	3,623	3,982	3,515
C	17,391	18,869	19,007	19,376	18,905
D	18,731	20,214	20,355	20,718	20,257
a_1	17,847	17,844	17,842	17,850	17,851
b_2	15,391	15,389	15,384	15,394	15,390

Serie 10: Duroc / Velmix - Stone gesägt

	1	2	3	4	5
A	1,870	1,426	2,700	2,090	2,795
B	2,987	2,528	3,810	3,200	3,911
C	18,380	17,924	19,203	18,586	19,305
D	19,719	19,270	20,554	19,930	20,648
a_2	17,849	17,844	17,854	17,840	17,853
b_2	15,393	15,396	15,393	15,386	15,394

	6	7	8	9	10
A	2,675	2,040	1,217	1,448	1,140
B	3,793	3,128	2,335	2,556	2,245
C	19,178	18,515	17,717	18,942	17,637
D	20,517	19,881	19,055	19,299	18,985
a_2	17,842	17,841	17,838	17,851	17,845
b_2	15,385	15,387	15,382	15,386	15,392

Serie 10: Duroc / Velmix - Stone 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,745	1,650	1,925	0,700	0,607
B	2,856	2,766	3,049	1,807	1,720
C	18,245	18,156	18,445	17,194	17,112
D	19,592	19,493	19,775	18,546	18,451
a_3	17,847	17,843	17,850	17,846	17,844
b_3	15,389	15,390	15,396	15,387	15,392

	6	7	8	9	10
A	0,250	1,068	0,981	1,350	1,303
B	1,365	2,166	2,092	2,462	2,428
C	16,747	17,561	19,478	17,850	17,817
D	18,095	18,922	18,831	19,205	19,146
a_3	17,845	17,854	17,850	17,855	17,843
b_3	15,382	15,395	15 386	15,388	15,389

Serie 10: Duroc / Velmix - Stone 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	2,700	2,327	2,257	2,596	2,209
B	3,812	3,436	3,372	3,710	3,324
C	19,203	18,820	18,762	19,101	18,720
D	20,550	20,165	20,104	20,455	20,068
a_4	17,850	17,838	17,847	17,859	17,859
b_4	15,391	15,384	15,390	15,391	15,396

	6	7	8	9	10
A	1,930	2,484	2,916	2,395	1,561
B	3,041	3,602	4,035	3,501	2,664
C	18,425	18,992	19,420	18,890	18,055
D	19,770	20,332	20,762	20,235	19,408
a_4	17,840	17,848	17,846	17,840	17,847
b_4	15,384	15,390	15,385	15,389	15,391

Serie 11: Duroc / Duralit ungesägt

	1	2	3	4	5
A	1,343	1,610	1,535	1,378	1,908
B	2,455	2,733	2,647	2,490	3,025
C	17,840	18,120	18,030	17,880	18,415
D	19,184	19,461	19,385	19,231	19,768
a_1	17,841	17,851	17,850	17,853	17,860
b_1	15,385	15,387	15,383	15,390	15,390

	6	7	8	9	10
A	2,152	1,838	2,398	2,476	2,440
B	3,272	2,960	3,510	3,596	3,556
C	18,666	18,347	18,895	18,991	18,944
D	20,010	19,688	20,242	20,335	20,290
a_1	17,858	17,850	17,844	17,859	17,850
b_1	15,394	15,387	15,385	15,395	15,388

Serie 11: Duroc / Duralit gesägt

	1	2	3	4	5
A	2,885	2,661	2,548	2,377	2,761
B	3,992	3,771	3,677	3,495	3,870
C	19,384	19,161	19,056	18,884	19,267
D	20,730	20,507	20,401	20,236	20,615
a_2	17,845	17,846	17,853	17,859	17,854
b_2	15,392	15,390	15,379	15,389	15,397

	6	7	8	9	10
A	1,955	2,284	3,048	3,157	2,780
B	3,072	3,396	4,164	4,271	3,900
C	18,465	18,779	19,559	19,658	19,281
D	19,816	20,137	20,906	21,015	20,634
a_2	17,861	17,853	17,858	17,858	17,854
a_2	15,393	15,383	15,395	15,387	15,381

Serie 11: Duroc / Duralit 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	2,446	2,150	1,990	2,380	2,866
B	3,580	3,263	3,106	3,510	3,977
C	18,960	18,656	18,482	18,902	19,366
D	20,286	20,003	19,838	20,245	20,716
a_3	17,840	17,853	17,848	17,865	17,850
b_3	15,380	15,393	15,376	15,392	15,389

	6	7	8	9	10
A	2,305	1,530	1,495	2,100	2,202
B	3,425	2,642	2,670	3,218	3,315
C	18,815	18,018	18,065	18,607	18,685
D	20,145	19,370	19,345	19,956	20,042
a_3	17,840	17,840	17,850	17,856	17,840
b_3	15,390	15,376	15,395	15,389	15,375

Serie 11: Duroc / Duralit 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	0,970	1,089	1,219	0,536	1,445
B	2,081	2,202	2,340	1,662	2,560
C	17,468	17,592	17,712	17,045	17,942
D	18,822	18,950	18,065	18,385	19,312
a_4	17,852	17,861	17,846	17,849	17,867
b_4	15,387	15,390	15,372	15,383	15,380

	6	7	8	9	10
A	1,740	2,115	2,074	2,387	2,226
B	2,862	3,228	3,192	3,505	3,332
C	18,251	18,602	18,582	18,903	18,706
D	19,585	19,960	19,928	20,254	20,070
a_4	17,845	17,845	17,854	17,867	17,844
b_4	15,389	15,374	15,390	15,398	15,374

Serie 12: Duroc / Tewestone ungesägt

	1	2	3	4	5
A	0,054	2,378	1,007	0,710	1,405
B	1,175	3,475	2,102	1,814	2,505
C	16,571	18,863	17,492	17,206	17,902
D	17,887	20,195	18,840	18,540	19,240
a_1	17,833	17,817	17,833	17,830	17,835
b_1	15,396	15,388	15,390	15,392	15,397

	6	7	8	9	10
A	0,490	0,510	0,351	0,391	0,300
B	1,590	1,615	1,443	1,495	1,402
C	16,988	16,995	16,835	16,890	16,790
D	18,322	18,330	18,172	18,220	18,121
a_1	17,832	17,820	17,821	17,839	17,821
b_1	15,398	15,380	15,392	15,395	15,388

Serie 12: Duroc / Tewestone gesägt

	1	2	3	4	5
A	1,411	1,554	0,432	1,993	2,153
B	2,515	2,657	1,538	3,097	3,251
C	17,910	18,040	16,930	18,488	18,641
D	19,238	19,370	18,260	19,809	19,975
a_2	17,827	17,816	17,828	17,816	17,822
b_2	15,395	15,383	15,392	15,391	15,390

	6	7	8	9	10
A	2,018	1,958	1,568	1,178	0,418
B	3,123	3,063	2,667	2,275	1,513
C	18,516	18,446	18,056	17,668	16,904
D	19,850	19,772	19,390	19,000	18,230
a_2	17,832	17,814	17,822	17,822	17,812
b_2	15,393	15,383	15,389	15,393	15,391

Serie 12: Duroc / Tewestone 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,881	1,735	1,499	0,704	1,798
B	2,970	1,841	2,603	1,825	2,915
C	18,367	17,233	18,006	17,218	18,314
D	19,710	19,561	19.333	18.531	19,633
a_3	17,829	17,826	17,834	17,827	17,835
b_3	15,397	15,392	15,393	15,393	15,399

	6	7	8	9	10
A	1,100	0,301	0,708	1,330	1,170
B	2,199	1,391	1,810	2,420	2,268
C	17,589	16,780	17,200	17,817	17,658
D	18,923	18,125	18,526	19,147	18,990
a_3	17,823	17,824	17,818	17,817	17,820
b_3	15,390	15,389	15,390	15,397	15,390

Serie 12: Duroc / Tewestone 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,150	0,735	1,028	0,772	0,960
B	2,252	1,841	2,127	1,873	2,050
C	17,648	17,234	17,525	17,271	17,448
D	18,987	18,554	18,869	18,600	18,790
a_4	17,837	17,819	17,841	17,828	17,830
b_4	15,396	15,393	15,398	15,398	15,398

	6	7	8	9	10
A	0,375	2,070	1,802	1,072	0,721
B	1,475	3,165	2,892	2,167	1,819
C	16,871	18,560	18,287	17,562	17,217
D	18,198	19,907	19,638	18,897	18,542
a_4	17,823	17,837	17,836	17,825	17,821
b_4	15,396	15,395	15,395	15,395	15,398

Serie 13: Duroc / Moldano ungesägt

	1	2	3	4	5
A	1,282	1,107	0,559	1,670	2,579
B	2,385	2,207	1,658	2,767	3,684
C	17,783	17,604	17,052	18,153	19,076
D	19,122	18,956	18,395	19,502	20,420
a_1	17,840	17,849	17,836	17,832	17,841
b_1	15,398	15,397	15,394	15,386	15,392

	6	7	8	9	10
A	1,431	2,122	1,205	1,824	1,440
B	2,530	3,217	2,310	2,924	2,539
C	17,922	18,611	17,707	18,323	17,925
D	19,271	19,962	19,048	19,667	19,274
a_1	17,840	17,840	17,843	17,843	17,834
b_1	15,392	15,394	15,397	15,399	15,386

Serie 13: Duroc / Moldano gesägt

	1	2	3	4	5
A	1,334	2,342	1,310	0,464	2,144
B	2,431	3,440	2,407	1,568	3,257
C	17,832	18,830	17,796	16,953	18,646
D	19,166	20,166	19,142	18,300	19,985
a_2	17,838	17,824	17,832	17,836	17,841
b_2	15,395	15,390	15,389	15,385	15,389

	6	7	8	9	10
A	1,206	1,865	0,772	0,578	0,040
B	2,319	2,968	1,878	1,681	1,138
C	17,707	18,360	17,270	17,073	16,517
D	19,048	19,705	18,621	18,420	17,873
a_2	17,824	17,840	17,849	17,842	17,833
b_2	15,388	15,392	15,392	15,392	15,379

Serie 13: Duroc / Moldano 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	0,446	0,601	4,296	1,238	4,284
B	1,548	1,680	5,308	2,346	5,375
C	16,946	17,058	20,693	17,747	20,779
D	18,288	18,414	22,128	19,087	22,125
a_3	17,842	17,813	17,832	17,849	17,841
b_3	15,398	15,378	15,385	15,401	15,404

	6	7	8	9	10
A	3,220	3,154	2,403	2,495	1,577
B	4,295	4,230	3,510	3,598	2,685
C	19,684	19,618	18,908	18,997	18,065
D	21,045	20,984	20,250	20,335	19,405
a_3	17,825	17,830	17,847	17,840	17,828
b_3	15,389	15,388	15,398	15,399	15,380

Serie 13: Duroc / Moldano 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	0,711	1,030	0,345	0,914	0,735
B	1,808	2,128	1,460	2,016	1,834
C	17,218	17,517	16,854	17,416	17,236
D	18,573	18,862	18,179	18,763	18,590
a_4	17,862	17,832	17,834	17,849	17,855
b_4	15,410	15,389	15,394	15,400	15,402

	6	7	8	9	10
A	0,320	1,182	0,605	0,262	1,286
B	1,436	2,276	1,696	1,447	2,387
C	16,821	17,672	17,100	16,836	17,776
D	18,150	19,018	18,450	18,098	19,121
a_4	17,830	17,836	17,845	17,826	17,835
b_4	15,385	15,396	15,404	15,389	15,389

Serie 14: Duroc / Moldaroc ungesägt

	1	2	3	4	5
A	2,482	2,978	2,385	0,768	1,712
B	3,601	4,088	3,492	1,885	2,826
C	18,975	19,468	18,869	17,262	18,202
D	20,315	20,803	20,212	18,600	19,537
a_1	17,833	17,825	17,827	17,823	17,825
b_1	15,374	15,380	15,377	15,377	15,376

	6	7	8	9	10
A	1,237	1,495	0,895	0,965	1,340
B	2,350	2,605	2,005	2,085	2,450
C	17,728	17,980	17,374	17,463	17,825
D	19,073	19,326	18,714	18,798	19,168
a_1	17,836	17,831	17,819	17,833	17,828
b_1	15,378	15,375	15,369	15,378	15,375

Serie 14: Duroc / Moldaroc gesägt

	1	2	3	4	5
A	2,938	3,180	1,982	2,144	2,610
B	4,048	4,296	3,100	3,245	3,762
C	19,421	19,662	18,471	18,612	19,130
D	20,760	20,996	19,794	19,962	20,415
a_2	17,822	17,816	17,812	17,818	17,805
b_2	15,373	15,366	15,371	15,367	15,368

	6	7	8	9	10
A	2,030	3,107	3,329	3,194	2,990
B	3,136	4,211	4,440	4,300	4,095
C	18,510	19,578	19,807	19,668	19,460
D	19,843	20,920	21,147	21,000	20,804
a_2	17,813	17,813	17,818	17,806	17,814
b_2	15,374	15,367	15,367	15,368	15,365

Serie 14: Duroc / Moldaroc 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	0,500	1,074	0,733	1,368	2,332
B	1,608	2,182	1,841	2,476	3,447
C	16,985	17,551	17,202	17,835	18,821
D	18,328	18,900	18,548	19,171	20,154
a_3	17,828	17,826	17,815	17,803	17,822
b_3	15,377	15,369	15,361	15,359	15,374

	6	7	8	9	10
A	2,317	1,550	1,583	1,365	1,065
B	3,416	2,668	2,669	2,480	2,161
C	18,790	18,038	18,029	17,843	17,525
D	20,127	19,375	19,389	19,174	18,870
a_3	17,810	17,825	17,806	17,809	17,805
b_3	15,374	15,370	15,360	15,363	15,364

Serie 14: Duroc / Moldaroc 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	0,708	0,762	1,068	0,170	1,015
B	1,845	1,881	2,180	1,276	2,140
C	17,219	17,262	17,552	16,636	17,514
D	18,533	18,597	18,885	17,980	18,845
a_4	17,825	17,835	17,817	17,810	17,830
b_4	15,374	15,381	15,372	15,360	15,374

	6	7	8	9	10
A	0,895	0,844	0,644	1,160	1,178
B	2,007	1,961	0,735	2,285	2,285
C	17,388	17,325	17,090	17,650	17,649
D	18,728	18,670	18,450	18,973	18,978
a_4	17,833	17,826	17,806	17,813	17,800
b_4	15,381	15,364	15,355	15,365	15,364

Serie 15: Duroc / Hinrizit Weiß ungesägt

	1	2	3	4	5
A	3,210	2,860	1,932	3.065	3,517
B	4,315	3,972	3,046	4,168	4,621
C	19,696	19,352	18,425	19,544	19,997
D	21,035	20,685	19,746	20,889	21,332
a_1	17,825	17,825	17,814	17,824	17,815
b_1	15,381	15,380	15,379	15,376	15,376

	6	7	8	9	10
A	3,050	3,072	2,547	2,631	3,776
B	4,156	4,176	2,660	3,745	4,882
C	19,535	19,647	19,033	19,116	20,255
D	20,860	20,883	20,358	20,458	21,588
a_1	17,810	17,811	17,811	17,827	17,812
b_1	15,379	15,371	15,373	15,371	15,373

Serie 15: Duroc / Hinrizit Weiß gesägt

	1	2	3	4	5
A	1,511	1,504	1,265	1,145	1,808
B	2,617	2,629	2,380	2,254	2,918
C	17,997	18,022	17,750	17,627	18,293
D	19,318	19,323	19,072	18,960	19,615
a_2	17,807	17,819	17,807	17,815	17,807
b_2	15,380	15,383	15,370	15,373	15,375

	6	7	8	9	10
A	1,595	1,910	1,661	0,775	1,487
B	2,702	3,015	2,768	1,881	2,590
C	18,080	18,405	18,138	17,269	17,968
D	19,411	19,731	19,475	18,598	19,300
a_2	17,816	17,821	17,814	17,823	17,813
b_2	15,378	15,380	15,380	15,388	15,378

Serie 15: Duroc / Hinrizit Weiß 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	2,287	2,075	2,100	0,905	2,175
B	3,387	3,184	3,227	2,017	3,276
C	18,768	18,559	18,596	17,388	18.648
D	20,102	19,890	19,910	18,721	19.990
a_3	17,815	17,815	17,812	17,816	17,815
b_3	15,381	15,375	15,369	15,371	15,372

	6	7	8	9	10
A	2,102	2,110	2,410	1,462	2,537
B	3,214	3,200	3,510	2,570	3,643
C	18,585	18,578	18,882	17,957	19,011
D	19,911	19,917	20,220	19,281	20,344
a_3	17,809	17,807	17,810	17,819	17,807
b_3	15,371	15,378	15,372	15,387	15,368

Serie 15: Duroc / Hinrizit Weiß 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,570	0,952	0,055	0,245	0,603
B	2,670	2,055	1,162	1,352	1,705
C	18,054	17,441	16,529	16,721	17,082
D	19,374	18,776	17,864	18,056	18,414
a_4	17,804	17,824	17,809	17,811	17,811
b_4	15,384	15,386	15,367	15,369	15,377

	6	7	8	9	10
A	0,506	0,764	0,421	0,814	1,447
B	1,600	1,862	1,530	1,920	2,556
C	16,963	17,242	16,907	17,300	17,921
D	18,316	18,577	18,233	18,629	19,250
a_4	17,810	17,813	17,812	17,815	17,803
b_4	15,363	15,380	15,377	15,380	15,365

Serie 16: Duroc / Hinrizit Gelb ungesägt

	1	2	3	4	5
A	3,084	2,179	0,890	1,414	0,475
B	4,190	3,288	1,994	2,528	1,591
C	19,567	18,660	17,364	17,900	16,970
D	20,913	19,992	18,702	19,243	18,304
a_1	17,829	17,813	17,812	17,829	17,829
b_1	15,377	15,372	15,370	15,372	15,379

	6	7	8	9	10
A	0,947	1,115	1,498	2,192	2,334
B	2,057	2,221	2,608	3,305	3,435
C	17,435	17,600	17,974	18,683	18,801
D	18,769	18,940	19,315	20,021	20,145
a_1	17,822	17,825	17,817	17,829	17,811
b_1	15,378	15,379	15,366	15,377	15,366

Serie 16: Duroc / Hinrizit Gelb gesägt

	1	2	3	4	5
A	1,567	2,472	1,491	1,114	2,631
B	2,697	3,570	2,597	2,223	3,725
C	18,075	18,932	18,965	17,590	19,078
D	19,397	20,276	19,304	18,933	20,430
a_2	17,830	17,804	17,813	17,819	17,799
b_2	15,378	15,362	15,368	15,367	15,353

	6	7	8	9	10
A	2,035	2,248	0,130	1,155	0,172
B	3,150	3,357	1,236	2,254	1,262
C	17,523	18,734	16,600	17,615	16,630
D	19,842	20,061	17,938	18,983	17,970
a_2	17,807	17,813	17,808	17,828	17,798
b_2	15,373	15,377	15,364	15,361	15,368

Serie 16: Duroc / Hinrizit Gelb 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,605	2,613	1,325	0,878	2,100
B	2,720	3,725	2,427	2,000	3,218
C	18,078	19,095	17,791	17,370	18,566
D	19,418	20,420	19,130	18,704	19,895
a_3	17,813	17,807	17,805	17,826	17,795
b_3	15,358	15,370	15,364	15,370	15,348

	6	7	8	9	10
A	1,751	0,785	1,355	2,131	1,841
B	2,884	1,892	2,466	2,218	2,913
C	18,246	17,250	17,844	18,584	18,264
D	19,555	18,587	19,165	19,941	19,642
a_3	17,804	17,802	17,810	17,810	17,801
b_3	15,362	15,358	15,378	15,366	15,351

Serie 16: Duroc / Hinrizit Gelb 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	1,675	2,666	2,072	3,708	2,099
B	2,804	3,765	3,177	4,824	3,202
C	18,145	19,140	18,534	20,195	18,542
D	19,457	20,485	19,871	21,526	19,886
a_4	17,782	17,819	17,799	17,818	17,787
b_4	15,341	15,375	15,357	15,371	15,340

	6	7	8	9	10
A	3,731	1,808	2,000	3,163	2,650
B	4,848	2,919	3,114	4,262	3,747
C	20,213	18,280	18,480	19,632	19,116
D	21,550	19,620	19,817	20,974	20,455
a_4	17,820	17,812	17,817	17,811	17,805
b_4	15,365	15,361	15,366	15,370	15,369

Serie 17: Duroc / Moldano - Labor ungesägt

	1	2	3	4	5
A	0,798	0,577	2,060	0,505	0,192
B	1,923	1,702	3,183	1,621	1,316
C	17,305	17,086	18,553	17,003	16,708
D	18,650	18,421	19,891	18,369	18,056
a_1	17,852	17,844	17,831	17,864	17,864
b_1	15,382	15,384	15,370	15,382	15,392

	6	7	8	9	10
A	0,606	0,751	0,245	0,377	1,020
B	1,729	1,868	1,351	1,498	2,145
C	17,105	17,258	16,730	16,877	17,507
D	18,444	18,596	18,085	18,225	18,851
a_1	17,838	17,845	17,840	17,848	17,831
b_1	15,376	15,390	15,379	15,379	15,362

Serie 17: Duroc / Moldano - Labor gesägt

	1	2	3	4	5
A	0,145	0,280	0,277	1,217	0,523
B	1,262	1,387	1,392	2,340	1,650
C	16,654	16,781	16,772	17,726	17,046
D	18,988	18,105	18,106	19,069	18,377
a_2	17,843	17,825	17,829	17,852	17,854
b_2	15,392	15,394	15,380	15,386	15,396

	6	7	8	9	10
A	1,567	2,367	0,858	1,338	2,082
B	2,686	3,486	1,965	2,458	3,218
C	18,068	18,862	17,355	17,830	18,572
D	19,407	20,204	18,693	19,180	19,914
a_2	17,840	17,837	17,835	17,842	17,832
b_2	15,382	15,376	15,390	15,372	15,354

Serie 17: Duroc / Moldano - Labor 1 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	3,163	2,302	2,501	1,088	1,018
B	4,314	3,405	3,620	2,217	2,142
C	19,702	18,794	18,994	17,606	17,532
D	21,034	20,140	20,349	19,950	18,884
a_3	17,839	17,838	17,848	17,862	17,866
b_3	15,388	15,389	15,374	15,389	15,390

	6	7	8	9	10
A	0,752	2,026	1,068	1,530	2,702
B	1,877	3,155	2,190	2,653	3,837
C	17,270	18,542	17,582	18,040	19,200
D	18,620	19,893	18,917	19,380	20,548
a_3	17,868	17,867	17,849	17,850	17,846
b_3	15,393	15,387	15,392	15,387	15,363

Serie 17: Duroc / Moldano - Labor 10 x herausgenommen

	1	2	3	4	5
A	2,261	1,878	3,008	1,746	1,504
B	3,373	3,007	4,116	2,867	2,640
C	18,772	18,402	19,473	18,243	18,020
D	20,108	19,714	20,824	19,571	19,335
a_4	17,847	17,836	17,816	17,825	17,831
b_4	15,399	15,395	15,357	15,376	15,380

	6	7	8	9	10
A	1,223	2,995	1,557	1,874	3,029
B	2,353	4,129	2,670	3,016	4,148
C	17,747	19,521	18,069	18,395	19,510
D	19,090	20,864	19,408	19,711	20,855
a_4	17,867	17,869	17,851	17,837	17,826
b_4	15,394	15,392	15,399	15,379	15,362

Herrn Prof. Dr. K. Lehmann, Leiter der Abteilung für Vorklinische Prothetik der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Philipps-Universität Marburg, danke ich für die Überlassung des Themas und seine hervorragende Unterstützung.

Das Correferat übernahm Prof. Dr. H.F.M. Schmidt

An der drucktechnischen Herstellung dieser Arbeit war Frau Annette Kreuzberger entscheidend beteiligt.

Allen diesen Personen danke ich für ihre freundliche Unterstützung.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn:

Ahrens, Amon, Balzer, Bernhard, Bode, Castenholz, Dimroth, Dietrich, Floréz, Friedrich, Golenhofen, Haberich, Hennis, Hensel, Heuser, Hering, Janke, Karlson, Koecke, Koransky, Lehmann, Maroske, Niemeyer, Perst, Petry, Richter, Rohen, Rupec, Schienbein, Schiff, Schmidt, Schmitz-Moormann, Schneider, Schnell, Schulte-Hermann.

Lebenslauf

Mein Name ist

Withelm, Hans, geboren

1953 am 7. April in Unter-Mossau, Kreis Erbach

1956 Umzug nach Michelstadt

1959 Einschulung in die Volksschule Michelstadt

1963 Wechsel zum Gymnasium in Michelstadt

1971 Ablegen der Reifeprüfung am Gymnasium in Michelstadt

1971 Beginn des Studiums der Zahnheilkunde an der Philipps-Universität in Marburg

1976 Ablegen des Staatsexamens der Zahnmedizin an der Universität Marburg

Seit Januar 1977 bin ich in der Abteilung für Vorklinische Prothetik der ZMK-Klinik Marburg als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig